This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Chem 3116.3.5

Harvard College Library

BOUGHT WITH INCOME

FROM THE BEQUEST OF

HENRY LILLIE PIERCE,

OF BOSTON.

Under a vote of the President and Fellows,
October 24, 1898.

28 Feb. 1899.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Chemie im täglichen Leben.

Gemeinverständliche Vorträge

von

Prof. Dr. **Lassar-Cohn.**

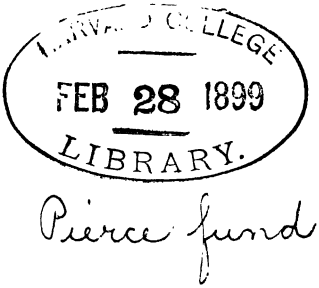
Dritte Auflage.

Mit 21 Abbildungen.

Hamburg und **Leipzig,**
Verlag von Leopold Voss.
1898.

Digitized by Google

Chem 3116.3.5



Pierce fund.

Alle Rechte vorbehalten.

Die erste Auflage wurde ausgegeben: Dezember 1895.
Die zweite Auflage wurde ausgegeben: Januar 1897.

Digitized by Google

Vorwort zur dritten Auflage.

Die dritte Auflage enthält nur wenige wesentliche Änderungen gegenüber der zweiten.

Eine russische von Herrn Prof. Dr. Timofejeff in Charkow freundlichst besorgte Übersetzung der zweiten Auflage des Buches erschien inzwischen bei A. Devrient in St. Petersburg, während die Herren Pugliese und Neter mit der Übersetzung dieser dritten Auflage ins italienische, und Herr Dr. Panaotovic mit einer solchen ins serbische beschäftigt ist.

München, im Juni 1898.

Vorwort zur ersten Auflage.

Klarheit ist die Höflichkeit derer, welche öffentlich reden.
Arago.

Das vorliegende Buch ist aus Vorträgen entstanden, die im hiesigen „Verein für fortbildende Vorträge", dessen Einrichtungen denen der Berliner Humboldt-Akademie entsprechen, gehalten worden sind.

In der Annahme, dass sie auch für weitere Kreise von Interesse sein werden, übergebe ich sie der Öffentlichkeit mit dem Bemerken, dass, da die einzelnen Vorträge die übliche Dauer von einer Stunde hatten, die entsprechende Zeit ihrer Lektüre zu widmen sein wird.

Königsberg, im Dezember 1895.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Vorwort zur zweiten Auflage.

Hiermit übergebe ich die an manchen Stellen abgeänderte zweite Auflage des Buches der Öffentlichkeit. Möge ihr die gleiche Anerkennung wie der ersten Auflage zu teil werden.

Fast gleichzeitig mit ihr erscheint auch bereits eine englische Ausgabe bei H. Grevel & Co. London. Die Übersetzung hat Herr Pattison-Muir M. A. in tadelloser Weise besorgt.

Habe ich der deutschen Kritik für die freundlichen Besprechungen des Buches zu danken, so scheint die englische es mit beinahe noch grösserem Beifall aufgenommen zu haben. Finden sich doch in Zeitschriften und Tagesblättern wie der Academy, der Pall Mall Gazette, der Daily Chronicle, der Morning Post etc. fast spaltenlange Mitteilungen über dasselbe.

Königsberg i. Pr. im Dezember 1896.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Erster Vortrag: Das **Atmen**. Die Physik und die Chemie. Gewicht der Luft. Barometer. Analyse der Luft. Argon. Ozon. Verschiedenheit der ein- und der ausgeatmeten Luft. **Erhaltung der Körperwärme**. Verbrennung. Zündhölzer. Gelber und roter Phosphor . . . . . 1—15

Zweiter Vortrag: Natur der Flamme (I). Kerzen. Zusammensetzung der Fette. Öle. **Petroleum**. Kohlenwasserstoffe. Die Elemente. Die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms. Die chemischen Formeln. Atom und Molekül. Destillation. Petroläther. Vaselin. Paraffin. Die **Leuchtgasfabrikation** und ihre Nebenprodukte. Natur der Flame (II). Kochen auf Gas. Gasglühlicht . . . . . 16—34

Dritter Vortrag: **Wachstum der Pflanzen**. Düngung. Brache. **Künstlicher Dünger**. Die Knochen. Das Superphosphat. Die Kalisalze. Stickstoffdüngung. — Basen, Säuren und Salze. Mutterlauge. — **Ernährung der Menschen und Tiere**. Verdauungsversuche. Eiweiss. Fette. Kohlenhydrate. **Die Milch** und ihr Gerinnen. Käse. **Soxletscher Apparat**. Fibrin. Serum. Kraftfutter. Leim . . . . . 35—60

Vierter Vortrag: Gemischte Kost. Butter. Margarine. Künstliche Speisefette. Stärkemehl. Die Zuckerarten. Süsswerden der Früchte. **Ernährung der Zuckerkranken**. Traubenzucker. Bonbons. Zuckercouleur. Exportprämien. Saccharin. Die Nahrungsaufnahme. Kochsalz. Eisen. Zweck des Kochens. Suppe. Brotbacken. Kochen der Kartoffeln. 61—89

Fünfter Vortrag: Menge der notwendigen Nahrungsmittel und Nährwert der wichtigsten. Die Gärung. **Wein**. Obstwein. Champagner. Meth. Kumis. **Bier**. Malz. Spiritus. Presshefe. Kornbranntwein. Kartoffelspiritus. Schlempe.

Digitized by Google

Seite

Raffination des Spiritus. Absoluter Alkohol. Denaturierter Spiritus. **Die Spirituosen. Nährwert des Alkohols.** 90—117

Sechster Vortrag: Weinessig. Essigsprit. Holzessig. Eisessig. Holzgeist. Aceton. — Schiesspulver. Griechisches Feuer. Knallquecksilber. Schiessbaumwolle. **Dynamit.** Kollodium. Sprenggelatine. Cordit. — Wolle. Baumwolle. Seide. **Kunstwolle.** Karbonisieren. . . . . 118—136

Siebenter Vortrag: Lohgerberei. **Leder.** Enthaaren und Schwellen der Häute. Gerbstoffe. Rinden. Quebrachoholz. Sumach. Gerbextrakte. Sohlleder. Alaungerberei. Handschuhleder. Pelzwerk. Eisen- und Chromleder. Sämischgerberei. Waschleder. **Pergament.** — Rasenbleiche. Bläuen der Wäsche. **Chlorbleiche.** Chlorkalk. Antichlor. Eau de Javelle. Schweflige Säure. Wasserstoffsuperoxyd. — Färberei. Beizen. Farblacke. Substantive Farbstoffe. **Teerfarben. Indigo.** Alizarin. Farbpasten. Farbholzextrakte. Blauholz. Zeugdruckerei. . . . . 137—158

Achter Vortrag: **Ölmalerei.** Trocknende und nichttrocknende Öle. Leinöl. Firnis. Lack. **Tinte.** Cellulose. **Papier.** Leimen des Papiers. Strohstoff. Alfastoff. Natroncellulose. Sulfitcellulose. Patentwesen. . . . . 159—176

Neunter Vortrag: Gebrannter Kalk. **Pottasche.** Soda nach Leblanc. Schwefelsäure. Glaubersalz. Salpetersäure. **Chlorkalk.** Braunsteinwiedergewinnung. **Krystallsoda.** Schwefelregenerierung. Ammoniaksoda. Künstliche Pottasche. Melassenasche. Wollschweissasche. — **Seife.** Ätzkali. Ätznatron. Schmierseife. Gefüllte Seife. Harztalgseife. Weiches und hartes Wasser. Pflaster. . . 178—204

Zehnter Vortrag: **Glas.** Spiegel. Kali- und Natrongläser. Strass. Rubinglas. Milchglas. — Thon. Lehm. Ziegel. Mörtel. Cement. Glasur. Töpferwaren. **Steingut.** Majolika. **Porzellan.** — **Photographie.** Höllenstein. Chlor-Brom-Jodsilber. Daguerreotypien. Entwickelung der Negative. Talbotypien. Eiweissverfahren. Nasses Kollodiumverfahren. Trockene Bromsilbergelatineemulsionsplatten. Platinotypien. Photographie des Spektrums. Rotes Licht. Retouche. Farbenempfindliche Platten. Buntphotographie. Chromgelatine. Pigmentdruck. **Röntgenstrahlen.** . . . 205—242

Elfter Vortrag: Edle und unedle Metalle. Erz. Gold.

Digitized by Google

Seite

Platin. Königswasser. Scheidewasser. **Silber.** Wertrelation zwischen Gold und Silber. **Bimetallismus. Goldwährung.** — Reduktion der Metalloxyde. Rösten der Schwefelverbindungen. **Gusseisen. Stahl. Schmiedeeisen.** Hochofen. Schlacken. Koks. Puddelprozess. Walzeisen. Schienenwege. Cementstahl. Gussstahl. Bessemerstahl. Spiegeleisen. Mangan. **Entphosphorung des Eisens.** Flussstahl. Flusseisen. **Gasfeuerung.** Regeneratoren. Freiflammführung. Zink. Galvanoplastik. Kalium. Natrium. **Aluminium.** . 243—285

Zwölfter Vortrag: Legierungen. **Münzen.** Bronze. Patina. Messing. Tombak. Talmigold. Neusilber. Alfénide. Brittanniametall. Letternmetall. **Nickelstahl.**

Alkaloïde. **Morphium.** Methan. Acetylen. Benzol. Pyridin. Coniin. Chinolin. Kairin. **Antipyrin. Phenacetin.** Narcotica. **Chloral.** Äther. **Chloroform.** Antiseptica. Jodoform. **Karbolsäure.** Sublimat. Salicylsäure. 286—307

Digitized by Google

Digitized by Google

I. Vortrag.

Das Atmen. Die Physik und die Chemie. Das Gewicht der Luft. Barometer. Analyse der Luft. Argon. Ozon. Verschiedenheit der ein- und der ausgeatmeten Luft. Erhaltung der Körperwärme. Verbrennung. Zündhölzer. Gelber und roter Phosphor.

Meine Damen und Herren!

In den Vorträgen, mit denen wir heute beginnen, soll der Versuch gemacht werden, Ihnen zu zeigen, dass das Verständnis zahlreicher Vorkommnisse des täglichen Lebens nur auf Grundlage von chemischen Kenntnissen möglich ist.

Wir werden sehen, dass wir mit einem grossen Teil der in Betracht kommenden Thatsachen durch die Gewohnheit so vertraut sind, dass wir sie für gewöhnlich kaum beachten, und uns daher nur selten die Mühe geben, über ihren näheren Zusammenhang nachzudenken.

So wollen wir mit der Besprechung des Atmens anfangen, weil wir dieses, solange wir überhaupt existieren, ununterbrochen ausüben müssen. Wir bezeichnen ja geradezu den Zeitraum unseres Erdendaseins als die Spanne Zeit zwischen dem ersten und letzten Atemzuge.

Damit drängen sich uns fast unwillkürlich die Fragen auf, was atmen wir und wozu atmen wir? Nun was wir atmen, weiss jeder, wir atmen die uns umgebende Luft. Was ist aber diese?

Der vor allem notwendige Beweis für das körperliche Vorhandensein der Luft zwingt uns, hier ein wenig das Gebiet der Physik zu streifen. Diese beschäftigt sich bekanntlich mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen,

Digitized by Google

mit welchen eine Substanzänderung nicht verbunden ist, wie z. B. mit der uns hier interessierenden Bestimmung des Gewichtes der Luft, oder mit dem Übergang eines Eisenstabes in einen Magnetstab, wobei doch ebenfalls eine Änderung der Substanz des Stabes nicht eintritt. Die Chemie dagegen macht sich die Erforschung von Vorgängen zur Aufgabe, bei denen im Gegensatze hierzu Änderungen der Substanzen eintreten. Ihre Aufgabe ist daher nicht etwa die Aufklärung des Magnetischwerdens eines Eisenstabes, sondern z. B. die des Rostens eines solchen Stabes, denn durch das Rosten geht das Metall in einen braunroten Körper über, der sich z. B. im Gegensatz zur Festigkeit des Metalles mit den Fingern zerreiben lässt, der also sicher eine ganz andere Substanz als Eisen ist. Und die Chemie hat daher weniger Interesse an der Bestimmung des Gewichtes der Luft, als an der Frage, ob sie eine einheitliche oder zusammengesetzte Materie ist.

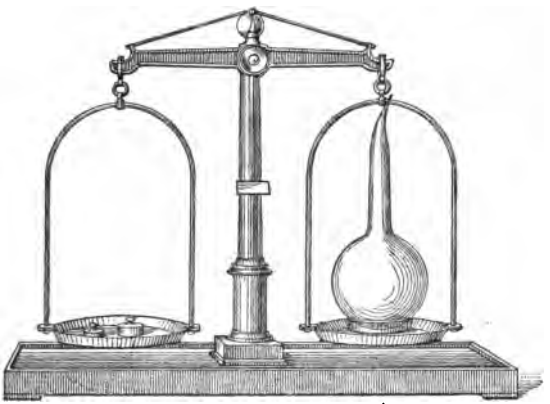
Ist die Luft also, um auf unser Thema zurückzukommen, etwas körperlich Vorhandenes oder nur in unserer Einbildung Existierendes? Denn darüber wollen wir uns doch nicht täuschen, niemand von uns besitzt ein Organ, mit dem er empfinden kann, dass sie etwas Körperliches ist. Wir sprechen zwar alle von ihrer Schwere, aber es ist wohl kaum jemand unter Ihnen, der das Gewicht eines Quantums Luft wirklich auszuwägen imstande ist, diese also in das Gebiet der Physik fallende Aufgabe zu lösen und zu bestimmen vermag, wieviel Kilogramm von ihr z. B. in dem Raume, in welchem wir uns befinden, vorhanden sind.

Die Schwere der Luft vermögen wir nun einmal durchaus nicht direkt wahrzunehmen. Wir bewegen unsere Hand, scheinbar ohne Widerstand zu finden, in ihr hin und her, ja gehen mühelos mit unserem ganzen Körper durch sie hindurch. Und obgleich diese leicht zu vermehrenden Thatsachen der Vorstellung von ihrer Schwere geradezu zu widersprechen scheinen, weiss doch heute jedermann, dass sie etwas wiegt. Dies kommt aber nur daher, dass er von Jugend auf von dieser ihrer Eigenschaft mit unumstösslicher Gewissheit hat reden hören.

Digitized by Google

Es giebt, um das nebenbei zu erwähnen, noch manche andere feststehende Thatsache auf naturwissenschaftlichem Gebiet, an der auch niemand zweifelt, obgleich sie so ohne weiteres gar nicht bewiesen werden kann. Dahin gehört z. B. die Lehre von der Kugelgestalt der Erde. Jedermann ist überzeugt von ihr, aber einen für Laien nicht zu schwer verständlichen Beweis für sie zu führen, ist trotz aller Mühe bis heute nicht gelungen.[1])

Wir befinden uns hier in unserem Falle insofern in einer besseren Lage, als wir uns ohne Voraussetzung irgend welcher Vorkenntnisse vom Gewichte der Luft und



Figur 1.

somit von ihrem körperlichen Vorhandensein leicht überzeugen können.

Zu dem Zwecke wollen wir folgenden einfachen Versuch ausführen.

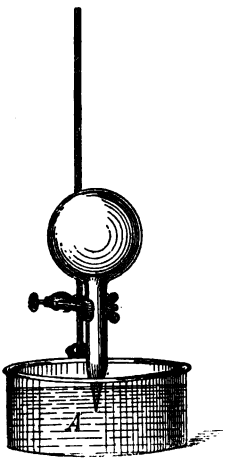
Auf einer Wage lassen Sie uns den Kolben A mit Hilfe von Gewichtsstücken ins Gleichgewicht bringen.

---

1) Anmerkung: Als einfachster Beweis wird wohl angeführt, dass man auf dem Meere zuerst die Mastspitzen entgegenkommender Schiffe sieht, was sich aus der durch die Kugelgestalt der Erde bedingten Krümmung seiner Oberfläche erklärt. Aber das haben doch z. B. die alten Griechen und Römer auch

Digitized by Google

Das Besondere an diesem Kolben ist, dass sein Hals in eine Spitze ausgezogen und sodann zugeschmolzen wurde, wodurch sein Innenraum von der uns umgebenden Luft völlig abgeschlossen wird. Und zwar ist das Zuschmelzen erst erfolgt, nachdem er mittelst einer Luftpumpe luftleer gemacht war. Breche ich jetzt seine Spitze mit einer Zange ab, so sinkt die Wagschale, auf der er sich befindet, sofort herunter, obgleich er doch durch das Abbrechen an sich gewiss nicht schwerer geworden ist. Der Grund dieser Erscheinung ist der, dass durch die ihm beigebrachte Offnung wieder Luft in ihn hineingeströmt ist, und deren Gewicht wird uns jetzt durch das Heruntersinken der Schale vor Augen geführt.



Figur 2.

Kennen wir nun noch den räumlichen Inhalt des Kolbens und bringen durch hinzugefügte Gewichtsstücke ihn wiederum ins Gleichgewicht, so können wir natürlich die Schwere des Quantums Luft in ihm ganz direkt an der Wage ablesen. Möglichst genau ausgeführte Untersuchungen haben so ergeben, dass ein Liter von ihr 1,295 Gramm wiegt.

Ist sie etwas Körperliches, so muss sie auch auf alles, auf dem sie aufliegt, einen Druck durch ihre Schwere ausüben.

In Rücksicht auf später Vorzutragendes wollen wir uns gleich an dieser Stelle, die für die Erörterung dieser Frage sehr geeignet ist, von der Richtigkeit unserer Anschauung überzeugen. Hierzu dient uns folgender wiederum sehr einfache Versuch.

---

schon wahrgenommen, und so helle Köpfe unter ihnen waren, daraus auf die Kugelgestalt der Erde zu schliessen, vermochten sie deshalb doch nicht. Dieser Beweis an sich ist eben ganz ungenügend, und er konnte erst aufkommen, nachdem man auf Grundlage anderer streng wissenschaftlicher Untersuchungen sich über die Kugelgestalt der Erde klar geworden war.

Digitized by Google

Wir nehmen nochmals einen Kolben, der, nachdem er luftleer gepumpt war, zugeschmolzen worden ist, bringen seine Spitze unter Wasser, wie es die Abbildung zeigt, und brechen sie jetzt auch unter diesem ab. Sofort sehen wir das Wasser heftig in ihn hineinströmen und ihn schliesslich füllen. Der Grund hierfür ist der, dass die äussere Luft auf die Oberfläche der in unserem Gefässe A befindlichen Flüssigkeit drückt, und da im luftleeren Kolben kein Gegendruck vorhanden ist, presst der äussere Luftdruck diese Flüssigkeit, in unserem Falle das Wasser, nach dem Abbrechen der Spitze in ihn hinein.

Hätten wir statt unseres Kolbens ein sehr langes luftleer gepumptes beiderseits zugeschmolzenes Glasrohr in der gleichen Weise verwendet, so würden wir sehen, dass der Luftdruck, nachdem die Spitze der einen Seite in der gleichen Art unter Wasser abgebrochen worden ist, das Wasser über 10 Meter hoch hinauftreibt. Nehmen wir statt des Wassers als Flüssigkeit Quecksilber, das etwa 13,5 mal so schwer als dieses ist, so drückt die Luft es natürlich auch nur um so viel mal weniger hoch in der Glasröhre hinauf, das ist in runden Zahlen 760 Millimeter. Die im Glasrohre befindliche Quecksilbersäule von 760 Millimetern Höhe hält also dem Luftdrucke das Gleichgewicht, und je nachdem dieser steigt und fällt, steigt und fällt auch das Quecksilber im Rohr. Daher benutzen wir eine solche Quecksilbersäule unter dem Namen Barometer (vom griechischen Worte *βαρύς* schwer hergeleitet) als Mass für die Schwere oder richtiger für den Druck der Luft.

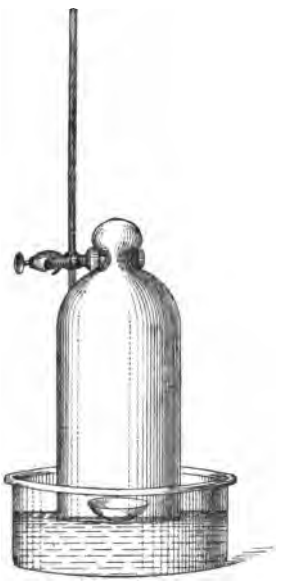
Wir wissen nunmehr, dass die Luft etwas Körperliches ist, das eine ganz bestimmte Schwere hat. Weiter fragt es sich jetzt, ist sie ein einheitlicher Körper, oder ist sie aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzt?

Von vornherein ist uns klar, dass es keine gerade leichte Aufgabe ist, etwas analysieren — d. h. also auf seine Bestandteile prüfen — zu sollen, das wir mit den Händen nicht greifen, mit den Augen nicht sehen können, und wirklich ist denn die Lösung dieses doch gewiss uralten Problems erst vor etwas mehr als hundert Jahren geglückt.

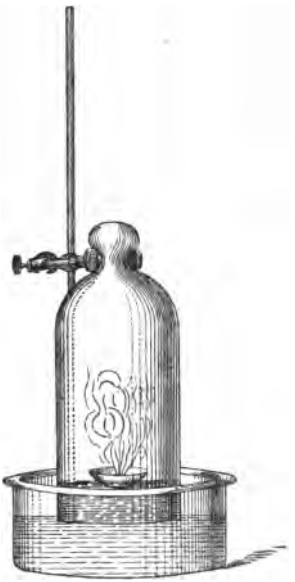
Wie nun die meisten scheinbar recht komplizierten

Digitized by Google

Verhältnisse, nachdem man ihren Zusammenhang kennen gelernt hat, verhältnismässig einfach erscheinen, so lässt sich auch hier ohne Voraussetzung irgend welcher chemischen Kenntnisse Ihnen zeigen, dass die Luft zum wenigsten aus zwei Bestandteilen bestehen muss, nämlich einem, der



Figur 3.



Figur 4.

die Verbrennung unterhält, und einem zweiten, der dies nicht thut.

Zu dem Zwecke verfahren wir folgendermassen. Wir schliessen ein bestimmtes Volumen Luft von der übrigen Luft ab, indem wir einfach eine Glasglocke in Wasser tauchen. Unter dieser Glasglocke schwimmt ein Schälchen, in dem sich ein wenig Phosphor befindet. Zünde ich diesen an, und stülpe alsdann erst die Glasglocke über, so wird er noch kurze Zeit lebhaft weiterbrennen, indem er sich mit einem Teil der Luft unter der Glocke verbindet,

Digitized by Google

dann erlischt er. Und während dieser Zeit treibt der äussere Luftdruck an die Stelle des vom Phosphor während seiner Verbrennung verbrauchten Teils der Luft, durch dessen Verschwinden doch eine Luftleere entsteht, so viel Wasser in die Glocke hinauf, als dem Quantum, das sich mit dem Phosphor verbunden hat, entspricht.

Untersuchen wir den in der Glasglocke zurückgebliebenen Rest der Luft, so finden wir, dass er von der uns umgebenden Luft sich jetzt dadurch unterscheidet, dass in ihm nichts mehr zu brennen vermag — selbst ein so brennbarer Körper wie Phosphor erlosch ja in ihm — und auch in den verschiedensten sonstigen Beziehungen erweist er sich als höchst indifferent, d. h. zeigt er fast gar kein Bestreben sich mit anderen Substanzen zu neuen Körpern vereinigen zu wollen. Speziell in Rücksicht darauf, dass jedes in ihn gebrachte Lebewesen erstickt, hat er den Namen Stickstoffgas erhalten.

Der Teil der Luft, der sich bei unserem Versuch mit dem Phosphor verbunden hat, führt, obwohl er weder sauer schmeckt noch riecht, den Namen Sauerstoffgas. Diesen Namen hat ihm sein Entdecker Lavoisier gegeben, weil er der irrigen Meinung war, dass sich Sauerstoff in allen Säuren (siehe Seite 48) finden müsse. Er ist im Gegensatz zum Stickstoffgas ein ausserordentlich reaktionsfähiger, d. h. zum Eingehen neuer Verbindungen geneigter Körper. Eine Verbrennung mit Feuererscheinung, nämlich die des Phosphors, die er, wie alle Verbrennungen, die im praktischen Leben vorkommen, veranlasst, haben wir soeben gesehen.

Das Sauerstoffgas oder der Sauerstoff, diese beiden Bezeichnungen sind identisch, verbindet sich aber auch langsam ohne Feuererscheinung mit sehr vielen Körpern. Das den Hausfrauen so unerwünschte schon erwähnte Rosten des Eisens z. B. beruht auf dieser seiner Eigenschaft, indem dieses Metall mit dem Sauerstoff der Luft zu Eisenoxyd, Eisenrost wie Sie das nennen, zusammentritt.

Vereinigungen nach Art dieser letzteren zwischen den verschiedenartigsten Körpern und Sauerstoff, von denen wir noch eine ganze Reihe kennen lernen werden, kann man

Digitized by Google

als Verbrennung im volkstümlichen Sinne des Wortes kaum bezeichnen, weil mit diesem Begriff nun einmal der der Feuererscheinung verbunden ist. Für den Vorgang, bei welchem Sauerstoff ohne Feuererscheinung sich allmählich mit anderen Körpern vereinigt, hat man in der Chemie deshalb eine besondere Bezeichnung und man nennt ihn Oxydation. Dieser Name stammt daher, dass der Sauerstoff auch den Fremdnamen Oxygenium (vom griechischen Wort ὀξύς scharf abgeleitet) führt. Die so oft gehörte Anhängesilbe Oxyd bezeichnet, wie wir jetzt leicht verstehen, daher nichts anderes als Verbindung mit Sauerstoff. Bleioxyd bedeutet also eine Verbindung von Blei mit Sauerstoff, Bleisuperoxyd eine solche Verbindung mit der doppelten Menge Sauerstoff etc.

Wenn man nun die uns umgebende Luft unter Anwendung aller von der Wissenschaft gebotenen Vorsichtsmassregeln untersucht, so findet man, dass sie ausser Stickstoff und Sauerstoff stets ein klein wenig kohlensaures Gas, über das wir weiterhin das Genauere hören, sowie etwas Feuchtigkeit enthält, und bestimmt man, wieviel von jedem dieser Bestandteile in hundert Teilen von ihr enthalten sind, so findet man folgendes Verhältnis:

Stickstoff	78,35	Teile	
Sauerstoff	20,77	„	
Wasser in Gasform	0,85	„	(sogen. Feuchtigkeit)
Kohlensaures Gas	0,03	„	
	100,00	Teile.	

Die Chemiker bezeichnen diese auf 100 berechneten Teile als Prozente, sagen also; die Luft enthält 78,35 Prozent Stickstoff etc.

Neuerdings ist gefunden worden, dass dem aus der Luft auf chemischem Wege — wir lernten einen solchen in Form der Verbrennung von Phosphor in einem abgesperrten Quantum Luft ja soeben kennen — abgeschiedenen Stickstoff, den man für einheitlich ansah, ein anderes gasförmiges Element in sehr geringer Menge beigemischt ist, dem die englischen Chemiker, die es entdeckten, den Namen Argon gegeben haben.

Digitized by Google

Dass die Luft imstande ist Feuchtigkeit aufzunehmen, und sich schliesslich ihrer in Form von Regen wieder zu entledigen vermag, ist, wie wir alle wissen, für den Haushalt der Natur von grösster Wichtigkeit, aber auch im täglichen Leben machen wir von ihrer Fähigkeit der Wasseraufnahme fortwährend Gebrauch. Denn darauf beruht ja das Trockenwerden der Wäsche, das eines gescheuerten Fussbodens etc.

Schliesslich haben wir noch eine Modifikation des Sauerstoffs, welche in der Luft vorkommt, zu erwähnen, die den Namen Ozon führt. In welchem Verhältnis sie zum gewöhnlichen Luftsauerstoff steht, wollen wir erst darlegen, nachdem wir die Definierung des Begriffs Atom seitens der Chemiker (siehe Seite 27) klar gelegt haben, weil diese hierzu nötig ist.

Nachdem wir nunmehr die Zusammensetzung der Luft kennen gelernt haben, fragt es sich, weshalb wir in ihr leben müssen, da wir ja erfahrungsgemäss wissen, dass Luftmangel zum Ersticken, zum Aufhören des Lebens führt.

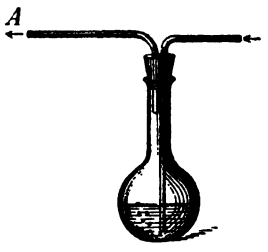
Das hängt so zusammen: Die von uns ganz unwillkürlich eingeatmete Luft gelangt in die Lunge, und hier kommt sie durch die Wände der feinen Äderchen hindurch, in denen das Blut in der Lunge zirkuliert, mit diesem in Berührung. Dünne Häutchen, wie z. B. derartige Wände von Adern, welche für Flüssigkeiten völlig undurchgängig sind, lassen Gase sehr wohl durch sich hindurchgehen, lassen sie durch sich, wie der Kunstausdruck lautet, diffundieren.

Indem nun auf dem Wege der Diffusion das Blut mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommt, nimmt es geradezu von ihm auf, während es im Austausch gegen ihn kohlensaures Gas ausgiebt, das wir daher reichlich in der ausgeatmeten Luft finden müssen, in der wir es sogleich experimentell fast mühelos nachweisen können.

Zu diesem Zwecke wollen wir einmal die äussere Luft durch klar filtriertes Kalkwasser mit dem Munde bei A ansaugen. Der äusserst geringe Kohlensäuregehalt der Luft macht sich bei der Kürze der Zeit, die wir dem Experiment widmen, kaum für den Nahestehenden bemerk-

Digitized by Google

bar, wenn ich dagegen durch das gleiche Kalkwasser meine ausgeatmete Luft mittelst des Röhrchens B hindurchblase, so tritt sehr rasch eine auch in der Ferne sichtbare Trübung ein. Diese rührt daher, dass sich der im Kalk-



Figur 5.

Figur 6.

wasser vorhandene Kalk mit der Kohlensäure der ausgeatmeten Luft zu dem im Wasser unlöslichen kohlensauren Kalk verbindet, welcher jetzt als weisses Pulver in der Flüssigkeit schwimmt.

Wie bedeutend der Gehalt der ausgeatmeten Luft im Verhältnis zur eingeatmeten an Kohlensäure ist, ergiebt sich aus folgender Analyse, wonach sie, nachdem sie getrocknet worden ist, enthält:

Stickstoff	79,58	Prozent
Sauerstoff	16,04	„
Kohlensaures Gas	4,38	„
	100,00	Prozent.

Während der Sauerstoffgehalt also um ein Fünftel etwa abgenommen hat, ist der Kohlensäuregehalt auf das Einhundertundvierzigfache zirka gestiegen.

Der vom Blute aufgenommene Sauerstoff wird nun von diesem mit durch den ganzen Körper geführt und wirkt jetzt oxydierend ein. Namentlich oxydiert er den Kohlenstoffgehalt mancher — sich mit Hilfe der Nahrungsaufnahme natürlich immer wieder neu bildender — Stoffe geradezu zu Kohlensäure, welche, wie ja allgemein bekannt,

Digitized by Google

ein Gas ist. Dieses so gebildete kohlensaure Gas, das in den verschiedensten Teilen des Körpers, also auch in den Geweben etc. entsteht, nimmt das Blut bei seiner Rückwanderung zur Lunge aus diesen Körperteilen auf, und entledigt sich seiner dort im Austausch gegen Sauerstoff, mit dem es sich neuerdings sättigt. Das aus den Lungen strömende Blut hat infolge der neuen Sauerstoffzufuhr seine bekannte schön rote Farbe, während das zu den Lungen strömende an Kohlensäure sehr reiche mit dunkelbrauner Farbe in sie eintritt.

Die infolge der Atmung also unausgesetzt im Körper stattfindende Oxydation ist wie jede Verbrennung, denn schliesslich ist doch Oxydation nur eine andere Bezeichnung für diese, mit Wärmebildung verknüpft, und die so erzeugte Wärme erhält unseren Körper dauernd auf seiner Normaltemperatur von 37° Celsius.

Wenn wir nun bedenken, dass der Kreislauf des Blutes vom Herzen bis zu seiner Rückkehr zu demselben beim Menschen nur etwa 10 Sekunden erfordert, so können wir sehr wohl begreifen, dass auf diesem Wege unsere Körperwärme, trotzdem wir ununterbrochen eine beträchtliche Menge von ihr an die kältere Umgebung abgeben müssen, sich gleichmässig in allen Teilen des Körpers erhalten kann. Im fünften Vortrage werden wir noch das Gewicht des Kohlenstoffs, den wir täglich zu dem Zwecke verbrennen müssen, genauer kennen lernen. Aber schon aus dem bisher Mitgeteilten geht klar hervor, dass ohne genügenden Ersatz sich der Vorrat an Kohlenstoffverbindungen im Körper bald erschöpfen müsste, und hierdurch sowie zum Ersatz anderer Ausscheidungen sind wir gezwungen, genügende Mengen von Nahrungsmitteln aufzunehmen.

Bevor wir zu diesen übergehen, die für einen jeden von uns als Grundlage unserer Existenz ein ganz besonderes Interesse bieten, wollen wir uns heute noch kurz mit der Verbrennung und das nächste Mal ausführlich mit der mit dieser verbundenen Feuererscheinung beschäftigen, weil sie durch den von uns bereits kennen gelernten Sauerstoff veranlasst werden.

Digitized by Google

Zum Verbrennen benutzen wir im gewöhnlichen Leben Materialien, die recht reich an Kohlenstoff sind, z. B. Holz oder Torf seit uralten Zeiten, zu denen dann allmählich die Steinkohlen, Braunkohlen etc. hinzugekommen sind. Der Verbrennungsprozess geht dabei in der Hauptsache so vor sich, dass der Kohlenstoffgehalt dieser Substanzen sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure verbindet, während gleichzeitig ihr meist recht geringer Wasserstoffgehalt zu Wasser verbrennt.

In der Kälte verbindet sich Kohlenstoff nie mit Sauerstoff; leitet man den Prozess ihrer Vereinigung aber ein, so brennt geeignetes Material weiter fort, indem die direkt brennenden Teile so viele Wärme erzeugen, dass nun auch die benachbarten heiss genug zur Einleitung ihrer Verbrennung werden, d. h. so heiss, dass sich Kohlenstoff und Sauerstoff miteinander verbinden. Hier ist es noch nicht möglich, näher auf die jetzt so sehr vervollkommneten Methoden zur möglichsten Ausnutzung der Brennmaterialien einzugehen, aber bei der Besprechung der Metallurgie des Eisens im elften Vortrage werden wir zugleich mit den Methoden zur Gewinnung dieses Metalls Gelegenheit haben sie ausführlich kennen zu lernen.

Doch ist jetzt die Frage zu erörtern, wie zündet man das Brennmaterial an, bringt das Feuer überhaupt in Gang. Heutzutage ist das sehr bequem, wir benutzen dazu Streichhölzer, doch sind diese bekanntlich erst seit etwa 60 Jahren im Gebrauch. Es wird wohl eine ewig ungelöste Frage bleiben, ob wirklich die ältesten Menschen durch Aneinanderreiben trockener Hölzer zuerst zum Feuer gekommen sind, oder ob sie nicht einem Blitzschlage in einen Baum zufällig seinen Besitz verdankten.

Gewiss ist es möglich, auf die oben genannte Weise Feuer zu erzeugen, und ist diese Methode noch in diesem Jahrhundert von Reisenden bei entlegenen Völkerschaften im Gebrauch gefunden worden. Sie setzt aber so trockene Hölzer voraus, wie sie in unseren Breiten sich kaum im natürlichen Zustande vorfinden. Gerade die Schwierigkeit neues Feuer zu bekommen, und die infolgedessen so wichtige Aufgabe, das vorhandene zu erhalten, lässt es

Digitized by Google

verständlich erscheinen, dass bei allen älteren Völkern der Herd als die Stelle, an der dieser wichtige Besitz dauernd aufbewahrt wurde, als heilige Stätte galt.

Erst im späteren Mittelalter wurde das weit bequemere Verfahren erfunden, den Funken, welchen man beim Aufeinanderschlagen eines Stahlstückes und eines Feuersteins erhält, auf Zunder oder trockenen Schwamm fallen zu lassen, und so Feuer zu schlagen.

Seit Anfang dieses Jahrhunderts treten dann vereinzelte Versuche auf, mit Hilfe irgend eines der Verfahren, nach denen man im chemischen Laboratorium Feuer erzeugen kann, — und diese Methoden sind sehr zahlreich — ein für die Allgemeinheit bequemes Feuerzeug herzustellen.

Bis zur erfolgreichen Verwendung des Phosphors[1]) für diesen Zweck, die in die dreissiger Jahre zurückreicht, war aber das Ergebnis dieser Bestrebungen ein sehr geringes, indem die Methoden höchst unbequem und unzuverlässig und die Apparate teilweise geradezu gefährlich waren.

Ein junger österreichischer Techniker, Johann Irinyi, verfiel um jene Zeit, veranlasst durch Experimente mit Phosphor, die er in einer Vorlesung sah, auf die richtige Art seiner Verwendung für diesen Zweck. Holzstäbchen, deren Kopf in Schwefel getaucht war, also Schwefelhölzer, waren bereits zur leichteren Übertragung von Feuer allgemein im Gebrauch, und er befestigte auf dem Schwefel noch ein wenig Phosphor, womit das Zündholz fertig war. Der Phosphor entzündet sich wie bekannt schon durch Reibung, das Brennen überträgt sich sodann auf den Schwefel und von da weiter auf das Holz. Natürlich stellt sich in der Praxis die Herstellung guter Zündhölzchen lange nicht so einfach. Im Laufe der Jahre wurden sie aber allmählich in tadelloser Beschaffenheit geliefert.

---

1) Anmerkung: Von seiner Benutzung zu Feuerzeugen wird zum ersten Male im „Journal de l'Empire“ vom 20. Vendemiaire des Jahres 14 (12. Oktober 1805) gesprochen.

Digitized by Google

Als Feuerzeug ist an diesen Zündhölzchen nichts mehr auszusetzen gewesen, aber ihre Nebeneigenschaften haben schliesslich zu ihrem Ersatz, zu den sogenannten schwedischen Zündhölzern geführt.

Figur 7.

Phosphor ist nämlich ausserordentlich giftig, und so kam auf diesem Wege das Publikum ganz allgemein in den Besitz dieser gefährlichen Substanz, die auch für die Arbeiter in den Zündholzfabriken selbst verderblich war, indem viele von ihnen an höchst traurigen Erkrankungen der Knochen zu Grunde gingen.

Der gewöhnliche Phosphor ist gelb, hat aber die merkwürdige Eigenschaft, wenn man ihn in einem geschlossenen Raume — offen erhitzt würde er natürlich verbrennen — zum Beispiel in einem mit einem dichtschliessenden Deckel versehenen Kessel einige Zeit auf 250° erhitzt, in ein rotes Pulver überzugehen, das nun den Namen roter Phosphor führt. Diesen Übergang können wir uns hier leicht in folgender Art vorführen. In der zugeschmolzenen Glasröhre A befindet sich etwas gelber Phosphor, und wir hängen sie in ein weiteres Glasrohr, in welches wir eine Flüssigkeit geben, die bei 250° siedet. Nachdem wir jetzt die Heizflüssigkeit durch die Flamme ins Kochen gebracht haben, wird das im Dampfe derselben hängende Glasrohr A bald auf 250° erwärmt sein, und wir sehen den gelben Phosphor sich allmählich in eine rote Masse verwandeln.

Der rote Phosphor ist nun nicht giftig, und viel schwerer entzündlich als der gelbe, ja so schwer entzündlich, dass das Reiben allein ihn ohne weiteres nicht mehr zur Entflammung bringt. Er entzündet sich erst, wenn sehr sauerstoffreiche Chemikalien beim Reiben seine Entflammung begünstigen. Ein Gemisch, wie es z. B. für die Köpfe der sogenannten schwedischen Zündhölzer verwendet

Digitized by Google

wird, besteht daher z. B. aus 32 Teilen chlorsaurem Kali, 12 Teilen chromsaurem Kali, 32 Teilen Bleisuperoxyd und 34 Teilen Schwefelblei, von dem die drei ersten Substanzen sich durch grossen Reichtum an Sauerstoff auszeichnen. Reibt man nun diese an den Hölzchen befestigte sauerstoffreiche Mischung an einer Fläche, die mit rotem Phosphor bestrichen ist, es ist das z. B. die Reibfläche der Schächtelchen für die Zündhölzer, so tritt an der Reibungsstelle Entflammung ein, die sich auf das Hölzchen überträgt.

Bereiten wir uns ein wenig von der Mischung für diese Streichholzköpfe, was wegen etwaiger Explosionsgefahr vorsichtig geschehen muss, und entzünden sie, so verpufft sie vor unseren Augen mit jenem blauweissen Schein, den wir beim Entflammen dieser Art von Zündhölzchen zu sehen gewöhnt sind.

Digitized by Google

II. Vortrag.

Natur der Flamme (I). Kerzen. Zusammensetzung der Fette. Öle. Petroleum. Kohlenwasserstoffe. Die Elemente. Die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms. Die chemischen Formeln. Atom und Molekül. Destillation. Petroläther. Vaselin. Paraffin. Die Leuchtgasfabrikation und ihre Nebenprodukte. Natur der Flamme (II). Kochen auf Gas. Gasglühlicht.

Die Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanzen dient uns bekanntlich nicht nur zur Erzeugung von Wärme, sondern auch zur Beleuchtung. Doch können nur solche kohlenstoffhaltigen Materialien, wie das Experiment gleich zeigen wird, eine Flamme geben und zur Beleuchtung dienen, welche sich bei der Verbrennung in Gase oder Dämpfe verwandeln.

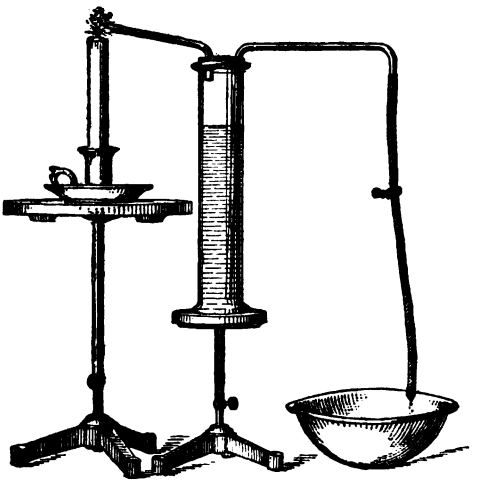
Die stark kohlehaltigen Substanzen wie Holz, Steinkohle, Talg brennen also nur deshalb mit Flamme, weil sie unter dem Einfluss der Hitze brennbare Dämpfe und Gase entwickeln. „Die Flamme ist, wie sich hieraus ergiebt, nichts anderes als ein verbrennendes Gasgemisch, welches die Hitze der Flamme selbst beständig neu aus dem Material, das verzehrt wird, bildet."

Zünden wir hier ein Stück Holz an, so brennt es mit Flamme. Haben wir aber aus dem Holze vorher alles, was sich verflüchtigen kann, ausgetrieben, indem wir es ohne Luftzutritt stark erhitzten, und so in Holzkohle, wie wir es dann nennen, verwandelten, so sehen wir, dass die Holzkohle, weil sie keine flüchtigen Substanzen mehr enthält, auch nicht mehr mit Flamme zu brennen vermag.

Auf folgende Art können wir sogar geradezu das die Flamme erzeugende Gas aus der Flamme, z. B. aus

Digitized by Google

einer Kerzenflamme, herausziehen, und nachher als solches anzünden. Wir bringen zu dem Zweck in die Flamme eine Glasröhre, deren Öffnung in eine Spitze ausgezogen ist (siehe Figur 8), während die andere Seite derselben in einem vollständig mit Wasser gefüllten cylinderförmigen Glase dicht unter dem Korkstopfen endigt. Ein zweites durch den Kork geführtes Glasrohr reicht dagegen bis an den Boden des Glascylinders, und steht mit einem längeren Gummischlauch in Verbindung, der ebenfalls mit Wasser gefüllt ist, also als Heber wirken kann. Lässt man jetzt aus dem Schlauch, indem man den an ihm befindlichen Quetschhahn ein wenig öffnet, sehr langsam Wasser ausströmen, so wird an der Spitze des Glasrohrs, also innerhalb der Kerzenflamme, eine Saugwirkung eintreten, und



Figur 8.

ein Teil der Gase und Dämpfe wird aus der Flamme in den Cylinder hineingesogen, während sie selbst, weil wir ihr diesen Teil ihrer Nahrung entziehen, zugleich sich auffallend verkleinert. Man muss langsam saugen, damit nicht auch Luft mit in den Cylinder hineinkommt. Hat er sich schliesslich mit den Gasen gefüllt, so öffnet man seinen Stopfen, und jetzt lässt sich sein Inhalt, also das Gas, welches wir aus der Flamme der Kerze herausgesogen haben, entzünden, und brennt, wie wir sehen, ruhig ab, womit der Beweis für unsere Behauptung,

Digitized by Google

dass innerhalb einer leuchtenden Flamme brennbare Gase vorhanden sind, erbracht ist.

Nun wollen wir die drei Hauptmaterialien, die wir zu Beleuchtungszwecken benutzen, selbst näher kennen lernen. Es sind die Kerzen, die Öle und das Leuchtgas. Von der Elektrizität als Lichtquelle sehen wir hier natürlich ab, sie hat mit der Chemie, soweit sie uns an dieser Stelle interessieren kann, nichts zu thun.

Die Kerzen repräsentieren diejenige Form, in welcher feste Leuchtstoffe Verwendung finden. In älteren Zeiten schmolz man zu ihrer Herstellung Talg, also ausgelassenes tierisches Fett in einem Gefässe, und tauchte in dieses einen Docht. Durch mehrmaliges Wiederholen des Eintauchens kam man zur Talgkerze. Sie brannte nach unseren Begriffen sehr unvollkommen, hatte sehr bald einen Kopf, und musste, um diesen zu entfernen, häufig mit der Lichtputzschere, einer heute bereits in Vergessenheit geratenen Scherenform, geputzt werden, wie es auch der Augenschein an dieser bei Beginn der Vorlesung angezündeten Talgkerze lehrt.

Figur 9.

Der Grund des unvollkommenen Brennens lag in folgendem. Wir wissen jetzt, dass durch die hohe Temperatur der Flamme der Talg zuerst in Gas verwandelt wird. Dies geschieht natürlich vom Docht her, der das in seiner Nähe geschmolzene Fett aufgesogen hat, indem hier die Flamme die zur Vergasung nötige Hitze liefert. Die so entstandenen Gase gelangen dann an die umgebende Luft, und hier verbrennen sie, indem deren Sauerstoff ihren Kohlenstoffgehalt in Kohlensäure, ihren Wasserstoff in Wasser überführt.

Der Docht selbst aber kommt nicht mit der Luft in Berührung, da ihn die aufsteigenden Gase von ihr abschliessen, und so verkohlt er durch die Hitze, da sein Kohlenstoff aus Mangel an Sauerstoff nicht mit verbrennen kann, und schliesslich hindert sein angekohltes Ende, der sogenannte Kopf, die Flamme am gleichmässigen Weiterbrennen. Dieses tritt erst wieder ein, wenn der

Digitized by Google

Kopf entfernt, das Licht, wie man ehemals sagte, geputzt worden ist.

Uns erscheint diese Angelegenheit heute ziemlich belanglos, weil wir unter der Unbequemlichkeit des fortdauernden Putzens der Lichter nicht mehr persönlich leiden, aber bei Goethe heisst es noch in den Sprüchen in Reimen:

„Wüsste nicht, was sie besseres erfinden könnten,
Als wenn die Lichter ohne Putzen brennten."

Es muss wirklich wenig angenehm gewesen sein, wenn man die abendliche Lektüre vielleicht jede halbe Stunde unterbrechen musste, um die Talgkerze zu putzen, deren Leuchtkraft inzwischen so gesunken war, dass ohne das Putzen ein Weiterlesen unmöglich wurde, und diese Zeit liegt noch nicht 60 Jahre hinter uns.

Die Talgkerzen werden also aus dem Fett, wie es die Natur liefert, hergestellt. Die chemische Untersuchung desselben, die zu Ende des vorigen Jahrhunderts zuerst mit Erfolg begonnen wurde, führte dann schliesslich zu unseren heutigen Stearinkerzen.

Diese Untersuchung lehrt, dass alle Fette, die dem Tier- oder Pflanzenreich entstammen, in zwei Hauptbestandteile zerlegt werden können, nämlich in mehrere Fettsäuren und in das Glycerin.

Im Fett der Tiere, z. B. im Rinderfett, sind drei Fettsäuren mit dem Glycerin verbunden, welche die Namen Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure erhalten haben. Die ersten beiden sind feste Körper, die dritte ist eine Flüssigkeit, und je mehr ölsaures Glycerin ein Fett enthält, um so weicher ist es. So sind z. B. Schweineschmalz und Gänseschmalz sehr reich an dieser letzteren Verbindung. Die Zerlegung der Fette in ihre beiden Komponenten lässt sich fabrikmässig unschwer ausführen, und das erhaltene Gemisch der drei Fettsäuren wird durch Abpressen möglichst von der Ölsäure befreit.

Der zurückbleibende, noch weiter gereinigte, weisse Kuchen, der also aus Stearinsäure und Palmitinsäure besteht, ist dann das Material für die Stearinkerzen. Man

Digitized by Google

setzt ihm, bevor man ihn in Kerzenform giesst, noch 10 Prozent Paraffin — was das ist, lernen wir sogleich kennen — hinzu, wodurch das gleichmässige Weiss, das wir an den Stearinkerzen zu sehen gewöhnt sind, erzielt wird. Das Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure krystallisiert nämlich ohne diesen Zusatz beim Erkalten gern, und infolgedessen würden die Kerzen gewisse Streifungen zeigen, was eben durch den Paraffinzusatz vermieden wird.

Während der Docht der Talgkerzen aus Fäden zusammengedreht wird, wird der Docht der weit härteren Stearinkerzen, nach Cambacères ebenso einfachem wie in seiner Wirkung unübertrefflichem Vorschlag, aus Schnüren zusammengeflochten. Solche geflochtenen Dochte neigen sich infolge der Spannung ihrer Fäden während des Brennens der Kerze mit ihrer Spitze aus der Flamme heraus und verbrennen hier, indem ihr verkohltes Ende jetzt ausserhalb der Flamme durch den Luftsauerstoff, ebensogut wie das Kerzenmaterial selbst, völlig verzehrt wird. Da es somit gar nicht mehr zur Bildung eines Kopfes kommen kann, wird das Putzen unnötig, und brennen die Stearinkerzen ohne jede Hilfeleistung vollständig gleichmässig ab.

Die Verwendung geflochtener Dochte für Talgkerzen ist aus dem Grunde unmöglich, weil der sich nach einer Seite biegende Docht ein übermässiges einseitiges Abschmelzen des weichen Kerzenmaterials nach dieser Seite herbeiführen würde.

Ausser diesen Kerzen haben wir noch die Wachskerzen zu erwähnen. Das Bienenwachs als tierisches Fett ähnelt diesem in chemischer Beziehung sehr. Es besteht wie diese aus Fettsäuren und einem Alkohol; Glycerin gehört nämlich in chemischer Beziehung zur Klasse der Alkohole. Die Fettsäuren in ihm sind die Cerotinsäure und Palmitinsäure, die hier mit dem Myricylalkohol verbunden sind. Da das Bienenwachs härter als Talg ist, fallen die aus ihm hergestellten Kerzen besser als die Talgkerzen aus.

Als flüssige Brennmaterialien hat man bis vor 30 Jahren hauptsächlich Olivenöl und Rüböl benutzt, die mit Hilfe eingetauchter Dochte in hierzu eingerichteten Lampen ge-

Digitized by Google

brannt werden. In chemischer Beziehung stehen beide den Fetten ebenfalls sehr nahe. Auch sie bestehen aus Fettsäuren und Glycerin, und sie sind sozusagen bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Fette.

Ganz etwas anderes dagegen ist das heute weit mehr als die erwähnten Öle gebrauchte Petroleum. Petroleum ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, und, zumal wir diesen letzten Ausdruck öfters selbst in politischen Zeitungen finden, müssen wir uns klar machen, was das bedeutet, und zu dem Zwecke auf ein Viertelstündchen etwas näher auf die chemische Seite der Sache eingehen.

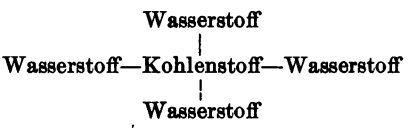
Man spricht in der Chemie von Elementen. Darunter versteht man Bestandteile von Körpern, die bis heute trotz aller darauf verwendeten Mühe nicht weiter zu zerlegen gewesen sind. Solcher Elemente kennt man etwas über siebzig. Die meisten sind sehr selten, nur etwa zwanzig von ihnen spielen eine Rolle im täglichen Leben, und aus diesen wenigen Bausteinen baut sich die ganze Welt auf, mit der wir für gewöhnlich zu thun haben. Daraus folgt, dass die Mannigfaltigkeit, nach der sie sich miteinander verbinden können, eine ganz erstaunliche sein muss, und so ist es in der That.

Nun ist dasjenige Element, welches alle anderen wiederum an Verbindungsfähigkeit bei weitem überragt, der Kohlenstoff. Die Mannigfaltigkeit, in der sich seine Atome mit Atomen anderer Elemente oder seinen eigenen Atomen wieder zu verbinden vermögen, übertrifft die aller anderen Elemente zusammengenommen. Und mit seiner Verwendung hat die Natur denn auch die kompliziertesten aller Dinge, nämlich die Lebewesen geschaffen. Daher kommt es, dass sich in allem, was zu Lebewesen gehört, Kohlenstoff findet, sei es im Kern eines Apfels, sei es im Fleisch der Tiere, sei es in ihrem Knochengerüst, denn auch dieses ist mit Kohlenstoffverbindungen durchsetzt etc.

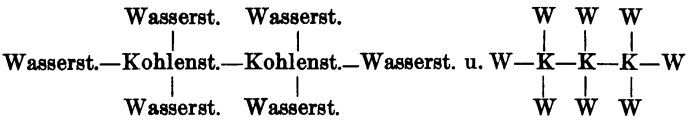
Die ganz unzählige Menge gerade seiner Verbindungen lässt sich nun, wie man jetzt weiss, in ein leicht übersichtliches System bringen, wenn man zum Ausgangspunkte des Ganzen seine Verbindungen mit dem Wasserstoff macht. Ein Atom Kohlenstoff vermag vier Atome Wasserstoff

Digitized by Google

festzuhalten, ist vierwertig, wie man sagt. Wenn wir das aufzeichnen, so bekommen wir etwa folgendes Schema:



Nun erwähnten wir schon, dass Kohlenstoffatome sich auch als solche aneinander ketten können, und diese Erkenntnis liefert z. B. neue Kohlenwasserstoffe, in denen also die Kohlenstoffatome sowohl sich untereinander wie auch die Wasserstoffatome festhalten.

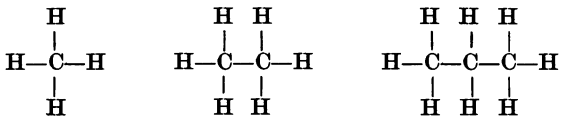


Wir haben hier bis zu drei Kohlenstoffatomen aneinander gehängt, und könnten das nun weiter fortsetzen. Diese Kette ist auch wirklich im Laboratorium bis zu 60 Kohlenstoffatomen aufgebaut worden. Solche Reihen können sich nun noch nach den verschiedensten Seiten verzweigen, ja schliesslich können die Kohlenstoffketten nach Art eines Ringes in sich zurückkehren, kurzum wir sehen, die Anzahl der Kohlenwasserstoffe, die es geben kann, ist eine geradezu ungeheure. In unserem letzten Vortrage werden wir noch Gelegenheit haben, die massgebende Rolle, welche speziell Körpern mit ringförmig gebundenen Atomkomplexen als Arzneimitteln zukommt, ausführlich kennen zu lernen.

Wir haben bei unseren drei Kohlenwasserstoffen die Namen der beiden Elemente anfangs ausgeschrieben, und dann allmählich bis auf die Anfangsbuchstaben abgekürzt, ohne dass dadurch die Verständlichkeit der „chemischen Formeln“ gelitten hätte. Denn die Schreibweise des dritten Kohlenwasserstoffes ist bereits die einer wirklichen chemischen Formel. Hätte sich die Chemie nur in

Digitized by Google

Deutschland entwickelt, die Chemiker würden sie so schreiben, wie sie oben steht. Die Chemie ist aber, wie jede Wissenschaft, in allen Kulturländern ausgebildet, und so hat man die Abkürzung für Kohlenstoff C dem lateinischen Carbo entlehnt, und der Abkürzungsbuchstabe für Wasserstoff ist H vom Fremdworte Hydrogenium her. Benutzen wir diese beiden Buchstaben als abkürzenden Ersatz unserer obigen Schreibweise, so sehen die drei Formeln so aus, wie wir sie in jedem chemischen Lehrbuche finden:



Die Chemiker bezeichnen diese drei Kohlenwasserstoffe mit den Namen

Methan Äthan Propan

Eine grosse Anzahl nun von Kohlenwasserstoffen mit „geraden Kohlenstoffketten", deren Anfangsglieder wir hier geschrieben haben, findet sich speziell im amerikanischen Petroleum.

Das erste Glied dieser Reihe, welches sehr reich an Wasserstoff, dem leichtesten aller Elemente ist, ist ein Gas. Es bildet sich z. B. bei der Fäulnis in Gegenwart von viel Wasser, und steigt deshalb aus Sümpfen auf. Daher führte es in älteren Zeiten den Namen Sumpfgas[1]), die Chemiker nennen es jetzt also Methan.

Seine Gewinnung aus einem Sumpf bereitet weniger Schwierigkeit als man von vornherein anzunehmen geneigt

---

1) Anmerkung: Der berühmte italienische Naturforscher Volta hatte schon, wie aus einem Briefe an einen befreundeten französischen Naturforscher hervorgeht, im Jahre 1776 erkannt, dass jeder Sumpf dieses brennbare Gas liefere, also wie wir heute sagen könnten, eine Art Gasanstalt sei. (Nach ihm benennt man, um das nebenbei zu bemerken, noch heute die Spannung elektrischer Ströme Volt, während man deren Menge als Ampère — nach einem französischen Physiker — bezeichnet, welche Ausdrücke jetzt auch das grosse Publikum seit Einführung der elektrischen

Digitized by Google

ist. Man hat nur nötig einen weiten Trichter mit der Öffnung nach unten in ihn hineinzustecken, dann müssen doch unter diesem sich sammelnde Gasblasen durch das Rohr des Trichters entweichen, und können in mit letzterem passend verbundenen Apparaten leicht aufgefangen werden.

Der nächste Kohlenwasserstoff, das Äthan, dessen Molekül (siehe weiterhin) schon sechs Atome umfasst, ist ebenso wie der folgende Kohlenwasserstoff das Propan, der aus acht Atomen besteht, noch gasförmig. Dieser dritte findet sich im Rohpetroleum.

Bevor wir in unserer Betrachtung fortfahren, erfordert der soeben gebrauchte Ausdruck Molekül eine Erklärung. Die kleinsten nicht mehr zerlegbaren Teile von Elementen bezeichnen wir bekanntlich als Atome, ein dem Griechischen entstammendes Wort, das unteilbar bedeutet. Alle nicht elementaren Körper müssen nun doch selbst in ihren kleinsten Teilchen immer noch aus den Atomen der sie zusammensetzenden Elemente bestehen, und ein solches kleinstes Teilchen eines nicht elementaren Körpers nennen wir Molekül. Das kleinste Teilchen Kohlenwasserstoff, dass wir uns vorstellen können, ist also z. B. ein Molekül, weil es immer noch aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen zusammengesetzt ist.

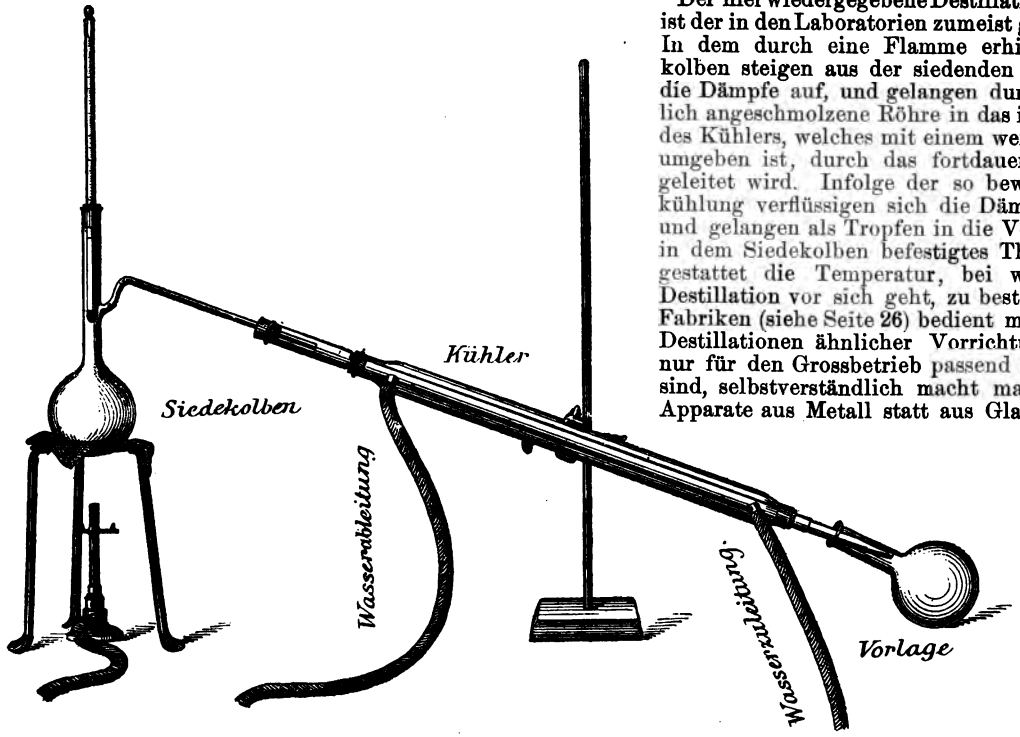
Der Kohlenwasserstoff, welcher vier Kohlenstoffatome enthält, ist bereits eine Flüssigkeit, die allerdings schon bei 1^0 siedet. In diesem Sinne geht es nun weiter, je mehr Kohlenstoffatome im Molekül des Kohlenwasserstoffs vorhanden sind, um so mehr erhöht sich sein Siedepunkt, so siedet das im Petroleum sich findende Hexan, das sechs Kohlenstoffatome enthält, bereits bei 70^0. Mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt werden die Verbindungen auch immer konsistenter und schliesslich sogar fest.

Im Rohpetroleum finden sich die Kohlenwasserstoffe also in grosser Zahl. Wird dieses destilliert, d. h. so

---

Beleuchtung fortwährend hört.) — Die sichere Analyse des Sumpfgases, auf der fussend wir wissen, dass es aus einem Kohlenstoffatom und vier Wasserstoffatomen besteht, ist allerdings erst 40 Jahre nach seiner Entdeckung ausgeführt worden.

Digitized by Google



Figur 10.

Der hier wiedergegebene Destillationsapparat ist der in den Laboratorien zumeist gebrauchte. In dem durch eine Flamme erhitzten Glaskolben steigen aus der siedenden Flüssigkeit die Dämpfe auf, und gelangen durch die seitlich angeschmolzene Röhre in das innere Rohr des Kühlers, welches mit einem weiteren Rohr umgeben ist, durch das fortdauernd Wasser geleitet wird. Infolge der so bewirkten Abkühlung verflüssigen sich die Dämpfe wieder, und gelangen als Tropfen in die Vorlage. Ein in dem Siedekolben befestigtes Thermometer gestattet die Temperatur, bei welcher die Destillation vor sich geht, zu bestimmen. In Fabriken (siehe Seite 26) bedient man sich für Destillationen ähnlicher Vorrichtungen, die nur für den Grossbetrieb passend abgeändert sind, selbstverständlich macht man hier die Apparate aus Metall statt aus Glas.

Digitized by Google

erhitzt, dass, was bei der erhöhten Temperatur flüchtig ist, also in den gasförmigen Zustand übergeht, in einer Kühlvorrichtung abgekühlt und dadurch wieder verflüssigt wird, in der Art etwa, wie es die Abbildung 10 wiedergiebt, so entweichen zuerst aus dem Kühler gasförmige Verbindungen, die das Rohpetroleum gelöst enthält, weil sie die Kühlvorrichtung nicht wieder zu verflüssigen vermag. Sodann kommen die niedrig siedenden Anteile, die sich im Kühler wieder verflüssigen, die unter dem Namen Petroläther im Handel sind.

Sie geben öfters Veranlassung zu Explosionen und zwar aus folgendem Grunde. Bei ihrer Leichtflüchtigkeit verteilen sie sich sehr reichlich in der Luft, sagen wir eines Zimmers. Kommt nun dieses Gemisch von Luft und Kohlenwasserstoff mit einer Flamme in Berührung, so verbrennt der Kohlenwasserstoff mit dem reichlich vorhandenen Sauerstoff der Luft ganz plötzlich zu Kohlensäure und Wasser, welche plötzliche Verbrennung dann mit einer Explosion verbunden ist. Deswegen soll man mit diesem Material, welches so viel zum Entfernen von Fettflecken und ähnlichem benutzt wird, nur am Tage und womöglich bei offenem Fenster arbeiten.

Während der Destillation des Rohpetroleums steigt allmählich der Siedepunkt der übergehenden Dämpfe, was man an dem im Apparate befestigten Thermometer erkennt, und von einem bestimmten Punkte ab fängt man das Destillat für sich auf, indem man die Vorlage wechselt, das ist dann unser gebräuchliches Petroleum.

Dieses Handelspetroleum muss jetzt nach dem Gesetze fast aller Staaten bestimmten Ansprüchen hinsichtlich seiner Entflammbarkeit entsprechen, und diese Ansprüche sind so hoch gestellt, dass dadurch eine Explosion während des Brennens in unseren gewöhnlichen Lampen so gut wie ausgeschlossen ist. Vor dieser gesetzlichen Regelung kam es wohl manchmal vor, dass es noch Anteile, die heute zum Petroläther kommen, enthielt, die sich dann im Bassin der Lampe verflüchtigten. Sobald hierauf die Mischung zwischen ihnen und der Luft im Bassin die geeignete war, explodierte das Gemisch von Kohlenwasser-

Digitized by Google

stoffen und Luft durch Entzündung an der Flamme der Lampe und zertrümmert sie.

Der Rückstand des amerikanischen Rohpetroleums, welcher, nachdem das eigentliche Petroleum abdestilliert ist, in der Destillierblase zurückbleibt, zeigt eine butterähnliche Konsistenz und wird auf Vaselin verarbeitet. Dagegen hinterbleiben bei der Gewinnung von Petroleum aus kaukasischem Erdöl Rückstände, die bei ihrer Weiterverarbeitung Schmieröle liefern.

Auch das Seite 20 erwähnte Paraffin ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, welche aber infolge ihrer hochmolekularen Konstitution, d. h. ihres hohen Kohlenstoffgehalts im Molekül, bei gewöhnlicher Temperatur fest sind. Sie entstammen nicht dem Petroleum, sondern meist dem Teer, welchen Braunkohlen, wenn sie trocken destilliert werden, — wir kommen gleich auf diese Prozedur zurück, — liefern. Die Braunkohlenteerindustrie wird namentlich in Mitteldeutschland, und zwar ganz besonders zur Gewinnung von Paraffin, in grösstem Massstabe betrieben.

Natürlich kann man, wie leicht einzusehen ist, schon aus Paraffin allein Kerzen herstellen, und dies geschieht auch. Doch erfreuen sich dieselben keiner grossen Beliebtheit, zumal ihr durchscheinendes Weiss viel weniger schön als das reine Weiss der Stearinkerzen ist, und sie, wenn sie die Länge dieser haben, sich häufig durch ihre eigene Schwere schon krumm biegen.

Nachdem uns nunmehr die Begriffe Atom und Molekül klar sind, können wir auch leicht verstehen, was Ozon ist, über das wir noch nähere Mitteilungen zu machen haben (siehe Seite 9). Das Ozon kommt doch, wie dort erwähnt, als besondere Modifikation neben dem gewöhnlichen Luftsauerstoff in der Luft vor. Weiter lehrt uns die Überlegung, dass jedes kleinste Teilchen Sauerstoffgas, das frei in der Luft vorkommt, immer noch mindestens aus zwei Atomen bestehen wird, immer ein Molekül sein wird, und zwar aus folgendem Grunde: Wir müssen doch allen Elementen das Bestreben zuschreiben, sich mit anderen Elementen verbinden zu wollen. Denn wenn wir den Elementen dieses Vereinigungsbestreben nicht zuerkennen, ist ja nicht einzusehen,

Digitized by Google

wie überhaupt Verbindungen sich bilden sollen, indem sie ohne diese Eigenschaft seit aller und in alle Ewigkeit, jedes für sich neben dem andern existieren würden.

Wenn nun Elemente frei als solche, wie z. B. der Sauerstoff in der Luft, vorkommen, so zeigt sich das Verbindungsbestreben ihrer Atome darin, dass dann immer ein Atom von ihnen ein zweites festhält, indem beide auf diese Art ihre Verbindungskraft gegenseitig ausgleichen. Auf diesem Wege sind also die Moleküle des gewöhnlichen Luftsauerstoffs entstanden. Nun kann beim Sauerstoff unter gewissen Bedingungen, z. B. wenn man durch ihn elektrische Funken schlagen lässt, in der Natur also bei einem Gewitter — es giebt aber auch noch andere Ursachen dafür — der Fall eintreten, dass statt zweier Atome sich drei gegenseitig festzuhalten suchen. Die Bindung zwischen diesen dreien ist dann aber nicht sehr fest, und das dritte Atom reisst sich gern wieder los, sobald sich ihm nur Gelegenheit bietet, sich mit etwas anderem zu vereinigen. Diese Modifikation des Sauerstoffs, deren kleinste Teilchen also aus drei Atomen bestehen, hat nun den Namen Ozon erhalten.

Wir haben jetzt von den Beleuchtungsmaterialien noch das Leuchtgas zu besprechen.

Wenn wir in dem in der Abbildung wiedergegebenen geschlossenen eisernen Rohr A[1]) Materialien wie Holz, Torf, Steinkohle möglichst stark erhitzen, sie der trockenen Destillation unterwerfen, wie man das nennt, so wird, was von diesen Substanzen flüchtig ist, aus ihnen in Form von Gasen und Dämpfen ausgetrieben, und durch die Rohrleitung nach dem Gefäss B gelangen. Dämpfe sind nun solche Luftarten, welche durch Abkühlung bei gewöhnlicher Temperatur sich wieder verflüssigen, Gase sind dagegen diejenigen Luftarten, welche bei gewöhnlicher Temperatur luftförmig bleiben. Daher wird, was bei gewöhnlicher Temperatur von dem durch die Hitze Verflüchtigten sich wieder verflüssigen kann, werden also die

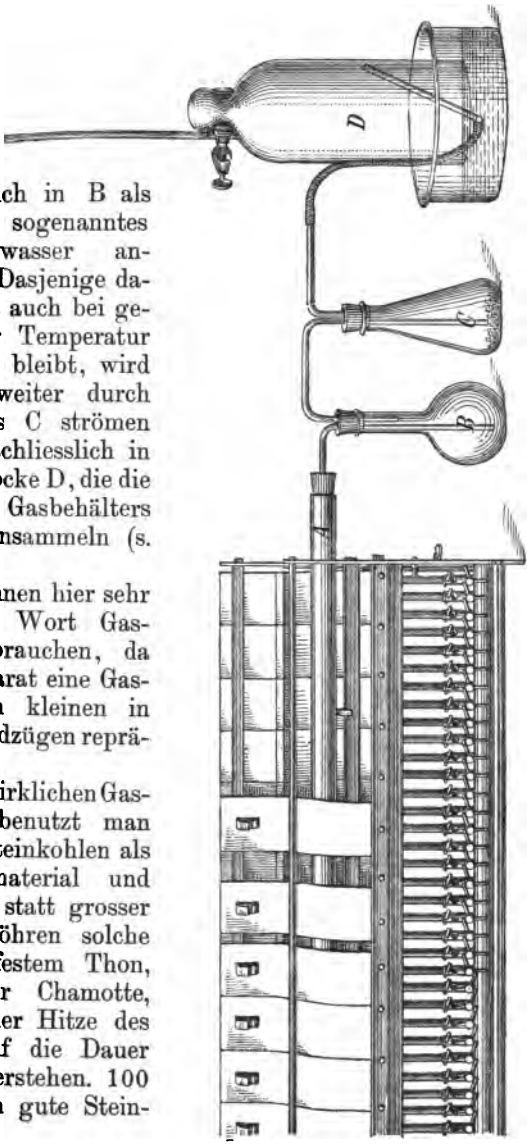
1) Anmerkung: Wir benutzen zum Erhitzen den in der Abbildung gleichfalls wiedergegebenen langgestreckten Gasofen.

Digitized by Google

Dämpfe sich in B als Teer und sogenanntes Ammoniakwasser ansammeln. Dasjenige dagegen, was auch bei gewöhnlicher Temperatur luftförmig bleibt, wird als Gas weiter durch das Gefäss C strömen und sich schliesslich in der Glasglocke D, die die Stelle des Gasbehälters vertritt, ansammeln (s. Figur 11).

Wir können hier sehr wohl das Wort Gasbehälter brauchen, da unser Apparat eine Gasanstalt im kleinen in ihren Grundzügen repräsentiert.

In den wirklichen Gasanstalten benutzt man fast nur Steinkohlen als Ausgangsmaterial und verwendet statt grosser eiserner Röhren solche aus feuerfestem Thon, sogenannter Chamotte, weil sie der Hitze des Feuers auf die Dauer besser widerstehen. 100 Kilogramm gute Stein-



Figur 11.

Digitized by Google

kohle liefern etwa 28000 bis 30000 Liter Gas, die ca. 18 Kilo wiegen, ausserdem noch gegen 5 Kilo Teer nebst 4 Kilo Ammoniakwasser, sowie als nichtflüchtigen in der Retorte bleibenden Rückstand ca. 70 bis 75 Kilo Koks, mit welchem Namen dieser Rückstand bezeichnet wird.

Den Teer entzieht man im grossen dem Gas durch Abkühlen, welchen Zweck hier im kleinen die freistehende Flasche B erfüllt, und nachdem es vom Teer befreit ist, bringt man es mit Wasser in Berührung, wäscht es, wie der Ausdruck dafür lautet. Im Wasser lösen sich diejenigen seiner Bestandteile auf, die nun einmal in diesem löslich sind, und der bei weitem wichtigste von diesen, auch der Menge nach, ist das Ammoniakgas, das die Beschaffenheit des Leuchtgases, wenn es in ihm bliebe, nur verschlechtern würde.

Ammoniakgas besteht aus Stickstoff und Wasserstoff. Indem diese Elemente in den Steinkohlen in Form weit komplizierter zusammengesetzter Körper vorhanden sind, bildet es sich aus ihnen beiden bei der hohen Temperatur der Retorten durch Übergang der komplizierten Substanzen in die verhältnismässig einfache Verbindung.

Das Ammoniakgas ist in Wasser sehr löslich, und in dieser gelösten Form Ihnen allen unter dem Namen Ammoniak- oder Salmiakgeist als scharfriechende Flüssigkeit bekannt. Wozu die grossen Massen an Ammoniak, welche die gesamten Gasanstalten der Erde liefern, Verwendung finden, werden wir Seite 48 kennen lernen.

In unseren Apparat haben wir noch ein Gefäss C eingeschaltet. Dieses entspricht wiederum der in den Gasanstalten angewandten weiteren Vorrichtung zur Reinigung des Gases, wenn wir in dasselbe Eisenoxydhydrat geben.

Als solches dient der sich in der Natur vielfach findende Raseneisenstein, welcher diese chemische Zusammensetzung hat, und nur fein gemahlen zu werden braucht.

Das Eisenoxydhydrat hat den Zweck, schwefelhaltige Gase dem Leuchtgase zu entziehen, indem es mit dem Schwefel dieser zu Schwefeleisen zusammentritt. Der

Digitized by Google

Schwefel, welcher nämlich im Gase bleibt, verbrennt, wenn man es anzündet, zu schwefliger Säure, einem gasförmigen Körper, dessen scharfer Geruch einem jeden vom brennenden Schwefel her bekannt ist, ja er verbrennt teilweise sogar durch die Hitze der Leuchtgasflamme bis zur Schwefelsäure.

Das Eisenoxydhydrat entfernt so ziemlich allen Schwefel aus dem Gase, bis auf den einer Verbindung, welche den Namen Schwefelkohlenstoff führt. Dessen Menge ist im Gase recht gering, seine Abscheidung im Grossbetrieb ist aber eine von der Gastechnik bis heute nicht gelöste Aufgabe.

Das auf die angegebene Art in den Gasanstalten gereinigte Gas wird in Gasometern gesammelt, und von diesen mittelst Rohrleitungen nach den Orten, an denen es Verwendung finden soll, geleitet.

Von der Zusammensetzung eines Leuchtgases möge folgende Analyse ein Bild geben:

Wasserstoffgas	45,2	Volumprozente
Methan (siehe Seite 23) . . .	35,0	„
Sonstige Kohlenwasserstoffe .	4,4	„
Kohlenoxydgas	8,6	„
Stickstoff	4,8	„
Kohlensäure	2,0	„
	100,0	Volumprozente.

Bei seinem Verbrennen bildet sich, wie wir uns jetzt schon sagen können, aus seinem Gehalt an Kohlenstoff kohlensaures Gas, aus seinem Gehalt an Wasserstoff Wasser, letzteres bei der hohen Temperatur sogleich in Gasform. So verschwindet denn durch das Verbrennen das Leuchtgas scheinbar völlig, indem es in zwei geruchlose, farblose Gase übergeht.

Ausserdem gelangt also infolge seines spurenweisen Gehalts an schwefelhaltigen Verbindungen bei seinem Verbrennen stets etwas schwefligsaures Gas in die mit ihm erleuchteten Wohnräume.

Dieses schwefligsaure Gas ist Ursache, dass in solchen Räumen Zimmerpflanzen nicht gedeihen wollen. Schweflige Säure ist nämlich jedem Pflanzenwuchs höchst ver-

Digitized by Google

derblich. Die geringe Menge, um die es sich hier handelt, ist für Menschen, wie die Erfahrung zeigt, glücklicherweise völlig unschädlich.

Der Schwefel verbrennt, wie erwähnt, teilweise sogar zu Schwefelsäure. Und diese sehen wir schliesslich an den Cylindern von Gaslampen, die nicht sehr oft gereinigt werden, in Form von Flecken. Die Schwefelsäure als Flüssigkeit setzt sich nämlich in Form feinster Tröpfchen an ihnen ab, und da sie eine sehr stark ätzend d. h. zerstörend wirkende Substanz ist, verkohlt sie hineinfallende Staubteilchen. Hiermit erklärt sich also die Eigenschaft der Cylinder der Gaslampen, allmählich bräunliche Flecke zu zeigen, eine Erscheinung, die man an Cylindern, die auf Öl- oder Petroleumlampen Verwendung finden, nie wahrnimmt, da diese Brennstoffe schwefelfrei sind.

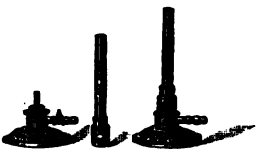
Nun noch das weitere über die Natur der leuchtenden Flamme, da es an der Gasflamme sich am bequemsten klar machen und zeigen lässt.

Dass in der leuchtenden Flamme reichlich Kohlenstoff vorhanden ist, sehen wir, wenn wir etwa einen Porzellanteller in sie hineinhalten. Infolge der dadurch bewirkten Abkühlung schlägt er sich in Form von Russ auf ihm nieder. Dieser Kohlenstoff war durch die Hitze in der Flamme selbst aus den Kohlenwasserstoffen ausgeschieden worden, und indem er infolge der hohen Temperatur der Flamme gleichzeitig weissglühend wurde, hat er ihr Leuchten bewirkt. Gelangt er schliesslich am Rande der Flamme mit dem Luftsauerstoff in Berührung, so verbrennt auch er zu kohlensaurem Gas, und verschwindet, indem er in dieser Form in die Umgebung entweicht.

Dass dieses sich wirklich so verhält, lässt sich leicht experimentell zeigen, und diejenigen von Ihnen, die auf Gas kochen, ein wegen seiner Bequemlichkeit sich heute mit Recht immer mehr in den Küchen einführender Fortschritt, entleuchten in ihren Apparaten stets die Flammen, die nun, da keine Ausscheidung von Kohlenstoff mehr stattfindet, die Geschirre nicht berussen. Die Chemiker, die seit bald 50 Jahren in den Orten, in denen es Gas giebt, es zu Kochzwecken verwendet haben, benutzen hier-

Digitized by Google

für den schon damals von Bunsen erfundenen Brenner, der seitdem mit der nötigen Adaptierung auf die heutigen Gaskochapparate übertragen worden ist. Beim Bunsenbrenner strömt das Gas aus einer feinen Spitze aus, wie es der Teil A des auseinandergeschraubten Brenners zeigt. Zünden wir es hier an, so leuchtet es nach Art jeder anderen Gasflamme. Setzen wir aber eine Röhre B auf diese Spitze, die an ihrem Fusse also in der Nähe der Öffnung für das einströmende Gas mit Löchern versehen ist, von denen wir eines an der Figur 12 sehen, so kann der aus der Spitze von A ausströmende Gasstrom durch diese ein wenig Luft mitreissen. Zünden wir jetzt den Brenner an seiner um das Rohrstück verlängerten Endöffnung an, so leuchtet die Flamme nicht mehr, indem in ihr so viel Luft vorhanden ist, dass deren Sauerstoff sofort die Verbrennung des gesamten im Leuchtgase vorhandenen Kohlenstoffs bewirkt, wobei durch diese intensive Verbrennung gleichzeitig ein grosser Heizeffekt erzielt wird. Halten wir die Löcher am äusseren Rohr zu, sperren also die Luftzufuhr ab, so leuchtet, wie zu erwarten, die Flamme sofort wieder.



Figur 12.

Eine ganz entsprechende Einrichtung findet sich also an allen Gaskochapparaten, auch hier sehen Sie stets gleich hinter dem Hahn das Gas aus einer Spitze ausströmen und neben dieser einige Öffnungen für den Lufteintritt in dem weiteren Rohr, das das Gemisch von Gas und wenig Luft zur Verbrennungsstelle unter die Kochgeschirre leitet, unter denen es mit nichtleuchtender Flamme verbrennt.

Die entleuchtete Flamme giebt, wie erwähnt, infolge der momentanen Verbrennung ihres gesamten Kohlenstoffgehalts eine sehr grosse Hitze, und halten wir z. B. ein Bündel Platindraht — Platin wird selbst bei dieser Temperatur nicht im geringsten verändert — in sie hinein, so gerät es in starkes helles Glühen, strahlt Glühlicht aus. Der neueste auf dem Gebiete der Gasbeleuchtung gemachte gewaltige Fortschritt, das Gasglühlicht, stellt diesen Vorgang in grosser Vervollkommnung dar.

Digitized by Google

Auch beim Gasglühlicht wird die Flamme durch Luftzufuhr wie beim Bunsenbrenner entleuchtet, und sehen wir zu diesem Zweck an jedem solchen Brenner mehrere — meist vier — kleine Öffnungen neben der Einströmungsstelle des Gases. Die nichtleuchtende sehr heisse Flamme bringt sodann einen in ihr hängenden Hohlkegel, für gewöhnlich Strumpf genannt, in starke Glut. Der Kegel ist mit Oxyden recht seltener Elemente nämlich mit Ceroxyd und Thoroxyd getränkt, von denen den Chemikern schon lange bekannt war, dass sie beim Erhitzen ein sehr helles Licht ausstrahlen.

Doch ist die Verwertung dieser Eigenschaft für das tägliche Leben erst Auer geglückt, und auch dieser hat lange darüber gearbeitet. Bereits 1885 hatte er ein Glühlicht für Zimmerbeleuchtung hergestellt, aber brauchbar wurde es erst im Oktober 1891, und seitdem ist auch noch sehr viel an ihm verbessert worden, indem man allmählich durch richtige Mischung der beiden Oxyde dahin kam, seine ursprünglich fahle mondscheinartige Farbe in ein dem Auge angenehmes Weiss zu verwandeln.

Digitized by Google

III. Vortrag.

Ernährung der Pflanzen. Düngung. Brache. Künstlicher Dünger. Die Knochen. Das Superphosphat. Die Kalisalze. Stickstoffdüngung. Basen, Säuren und Salze. Mutterlauge. Ernährung der Menschen und Tiere. Verdauungsversuche. Eiweiss. Fette. Kohlenhydrate. Die Milch und ihr Gerinnen. Käse. Soxlehtscher Apparat. Fibrin. Serum. Kraftfutter. Leim.

Wir kommen nunmehr zu den Nahrungsmitteln.

Die Erde besteht aus totem Material, nämlich dem Erdboden und der ihn umgebenden Atmosphäre. Auf diesem und in ihr leben die Pflanzen und Tiere. Die Pflanzen vermögen ihren ganzen Lebensbedarf dieser toten Materie zu entnehmen. Die Tiere vermögen das nicht, sondern sind zu ihrer Ernährung direkt oder indirekt auf das Pflanzenreich angewiesen.

Ein Baum steht z. B. Jahrhunderte lang an seinem Platze, und die Natur liefert ihm alles zu seiner Existenz Notwendige; so sorgt der Regen für die nötige Feuchtigkeit, und seinen Bedarf an Kohlenstoff für das Holz und alle jene komplizierten Gebilde, die sein Leben ermöglichen, entnimmt er der Kohlensäure der Luft etc.

Die Blätter, und aller Wahrscheinlichkeit nach speziell die grünen Körner derselben, die man als Chlorophyllkörner bezeichnet, haben nämlich die Begabung, Kohlensäure, die doch aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht, so zerlegen zu können, dass sie sich deren Kohlenstoffgehalt nützlich machen, während sie andererseits Sauerstoffgas ausscheiden. Dies ist um so merkwürdiger, weil Kohlensäure ein sehr beständiges Gas ist, welches im Laboratorium nur schwierig in seine Bestandteile zerlegt werden kann, bildet es sich

Digitized by Google

doch gerade, wie wir wissen, in der hohen Temperatur aller Flammen.

Auch dasjenige, was die Pflanze an sonstigen anorganischen — d. h. also der toten Natur entstammenden — Verbindungen braucht, liefert der Boden, auf dem sie wächst. Wir bekommen diese Stoffe zu sehen, wenn wir z. B. Holz verbrennen, dabei bleiben sie als Asche zurück.

Untersuchen wir derartige Pflanzenaschen genauer, so ergeben Analysen folgendes. Der Aschengehalt z. B. einer Roggenpflanze zur Zeit der Blüte beträgt 6,38 Prozent ihres Gewichts, der von reifen Roggenkörnern 1,93 Prozent. Und die Asche selbst zeigt folgende prozentische Zusammensetzung, wobei wir uns möglichst leicht verständlicher Bezeichnungen bedienen wollen.

Zusammensetzung der Asche von Roggenpflanzen.		Zusammensetzung der Asche von Roggenkörnern.	
Phosphorsäure . . .	20,35 Prozent	. . . . .	47,52 Prozent
Kalisalze	37,16 „	. . . . .	34,50 „
Kieselsäure	24,88 „	. . . . .	2,75 „
Kalk und Magnesia	12,32 „	. . . . .	14,13 „
Schwefelsäure	4,03 „	. . . . .	— „
Kochsalz	0,76 „	. . . . .	0,90 „
Eisenoxyd	0,50 „	. . . . .	0,20 „

Alles dieses muss also der Boden enthalten, wenn Roggen z. B. auf ihm soll gedeihen können. An manchem dieser Bestandteile, wie Kieselsäure, welches die chemische Bezeichnung für reinen Sand ist, oder Eisenoxyd ist niemals Mangel. Und die Untersuchungen, die zuerst Liebig in vollstem Umfange hinsichtlich aller ihrer Konsequenzen aufgenommen hat, haben dann dazu geführt, dass man jetzt weiss, dass man dem Boden, wenn er nicht erschöpft werden soll, im allgemeinen zuzuführen hat:

Phosphorsäure
Kalisalze
Stickstoff.

Den letzteren haben wir bisher in diesem Zusammenhange noch gar nicht erwähnen können, wir werden aber sehr bald das Nähere über ihn erfahren.

Digitized by Google

Die übrigen Aschenbestandteile der Pflanzen pflegen fast in jedem Boden in ausreichender Menge vorhanden zu sein.

Wenn man nun bedenkt, dass alle Kulturvölker, von denen wir wissen, seit Urzeiten Ackerbau getrieben haben, und über dasjenige, was der Boden dabei zu leisten hat, erst Liebig sich in den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts klar geworden ist, so muss man sich gewiss wundern, dass die Menschheit zu dieser Erkenntnis so unendlich lange Zeit gebraucht hat, und muss Liebig um so mehr bewundern, zumal er niemals Landwirt gewesen ist.

Noch Thaer — der grosse Reformator der Landwirtschaft, der zuerst ernstlich die Vorgänge in ihr wissenschaftlich zu ergründen suchte, und etwa seit Anfang dieses Jahrhunderts ausserordentliche Erfolge speziell auf dem Gebiete der Viehzucht erzielte, — hatte in dem Aschengehalt der Pflanzen nur zufällige Bestandteile gesehen, und nicht erkannt, dass sie unbedingtes Erfordernis für den Pflanzenwuchs sind. Nach ihm gediehen die Pflanzen um so besser, je dicker die Humusschicht des betreffenden Bodens war, kurz er hatte die Sachlage hinsichtlich der Pflanzenernährung noch vollständig falsch aufgefasst. Und so kann man ohne Übertreibung sagen: Aller Ackerbau ist bis zur Erkenntnis der wahren Sachlage durch Liebig eigentlich Raubbau gewesen, und so manche Erdstrecke ist durch diesen im Laufe der Zeit geradezu ausgesogen worden.

Sehr früh hat man schon beobachtet, dass, wenn man die gleiche Frucht mehrere Jahre auf demselben Felde baut, deren Ertrag, oder richtiger ausgedrückt die Ertragsfähigkeit des Bodens in Bezug auf sie, allmählich mehr und mehr zurückgeht, und deshalb stets mit dem Anbau der Früchte in einem gewissen Cyklus abgewechselt.

So finden wir denn in den uns aus dem klassischen Altertum überkommenen Büchern, die sich mit landwirtschaftlichen Fragen beschäftigen, schon den aus der erwähnten Beobachtung sich ergebenden Fruchtwechsel empfohlen, und bis in die Regierungszeit Friedrichs des

Digitized by Google

Grossen enthalten die landwirtschaftlichen Bücher eigentlich nichts, was nicht auch schon in jenen uralten Schriften abgehandelt wird. Es kann daher von einem Fortschritt gegen jene Zeiten kaum die Rede sein.

Der Grund des besseren Erträgnisses beim Fruchtwechsel liegt darin, dass, weil die Zusammensetzung der Aschen der einzelnen Pflanzen verschieden ist, auch die Ausnutzung des Bodens dann nicht alle Jahre in gleicher Richtung erfolgt.

Andrerseits hat man auch seit uralten Zeiten schon die Felder mit den in der Wirtschaft zur Verfügung stehenden Abfällen gedüngt, das, was sie dem Boden entzogen hatte, ihm auf diesem Wege, ohne eigentlich zu wissen warum, zurückgegeben, indem man sah, dass dadurch der Bodenertrag verbessert wurde. Da doch aber vieles aus der Wirtschaft verkauft wird, musste alljährlich ein gewisses Quantum der anorganischen Salze den Feldern entzogen werden, ohne ihnen wieder zuzukommen, und aus diesem Grunde trotz der Düngung eine Verminderung der Tragfähigkeit des Bodens eintreten. Auch dieses ergab sich aus der Praxis des Lebens, ohne dass man hierfür den wirklichen Grund zu erkennen vermochte.

Diese Beobachtung führte zur sogenannten Brachewirtschaft. Man liess Felder, nachdem sie einige Jahre Frucht getragen hatten, ein Jahr unbenutzt liegen, und das half wirklich für die nächstfolgende Zeit ihre Fruchtbarkeit erhöhen.

Ohne weiteres verständlich ist das nicht. Denn es regnete, wenn es erlaubt ist sich so auszudrücken, doch weder Phosphorsäure noch Kalisalze vom Himmel, resp. von aussen kam doch beim Stillliegen des Bodens keines dieser Salze in ihn hinein, auf diesem Wege tritt keine Vermehrung dieser für den Pflanzenwuchs wichtigsten Bodenbestandteile ein.

Der Erfolg der Brache beruhte jedoch auf folgendem. Die Phosphorsäure und die Kalisalze befinden sich im Boden grossenteils in in Wasser unlöslicher Form. In dieser können sie von den Wurzeln der Pflanzen gar nicht verwendet werden, da sie sie nur in gelöstem Zustande auf-

Digitized by Google

zusaugen vermögen. Jedoch die Feuchtigkeit im Boden zusammen mit der in ihm zirkulierenden Kohlensäure der Luft greifen diese unlöslichen Verbindungen an, führen sie in lösliche über. Die Gesteinstrümmer verwittern im Boden, wie man sagt. Ist nun ein Jahr lang der auf diese Weise für die Pflanzenernährung brauchbar gewordene d. h. also jetzt in Wasser lösliche Vorrat dem Boden nicht entzogen worden, so genügt er zusammen mit dem, was doch jedes Jahr an und für sich gelöst wird, um wieder auf einige Zeit lohnende Ernten zu ermöglichen.

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts fand man dann, dass man die Felder in dem Jahre, in dem man sie bis dahin brach liegen liess, mit Klee, also Viehfutter, bepflanzen könne, ohne dass die nachherigen Erträge des Körneranbaus erwähnenswert darunter litten. Die weit in die Tiefe gehenden Wurzeln des Klees holen sich, wie wir heute wissen, die anorganischen Salze aus Tiefen, die denen der Getreidearten unerreichbar sind. Damit war für die damalige Zeit ein grosser Fortschritt insofern erreicht, als man jetzt infolge des vermehrten Futterertrages viel mehr Vieh halten konnte, wodurch man wieder, abgesehen von dessen Wert an sich, mehr Dünger zur Verfügung hatte. Wenn der Boden allmählich kleemüde ward, wie es die Praxis bald lehrte, baute man Erbsen, Bohnen, Kartoffeln und ähnliches. Auf diese Art kam man zu einem regelmässigen Wechsel von Halm- und Blattfrüchten, mit periodisch eingeschobenem Kleeanbau.

Fiel so die Brache weg, so war das ganze nur möglich, weil die verschiedenen Früchte, wie schon erwähnt, die einzelnen anorganischen Nährsalze in relativ sehr verschiedenen Mengen verbrauchen, und ihren Bedarf an ihnen bald aus höheren bald aus tieferen Erdschichten decken, so dass bei richtig geleiteter Fruchtfolge die von der betreffenden Pflanze besonders viel gebrauchten Salze jahrelang wenig durch die Vorfrüchte dem Boden entzogen worden waren. Aber an und für sich trieb die Landwirtschaft jetzt, ohne es zu wissen, hinsichtlich der anorganischen Salze, eigentlich noch stärkeren Raubbau als früher, denn um das, womit ein Feld infolge der ver-

Digitized by Google

mehrten Viehzucht reicher gedüngt werden konnte, war das Nachbarfeld ärmer geworden. Dieser Nachteil würde sich sicher in unserer Zeit schon geltend gemacht haben, wenn nicht durch Liebig der Zusammenhang aufgeklärt, und ein billiger Ersatz der dem Boden entzogenen anorganischen Salze mit Hilfe der in der toten Natur an ihnen aufgespeicherten Schätze möglich wäre, der nunmehr die Brache wirklich überflüssig macht.

Heutzutage ersetzt man den Verlust, den der Boden durch das Abernten erleidet, soweit der natürliche Dünger nicht ausreicht, durch künstlichen Dünger. Und Liebigs Verdienste um die ganze Welt gipfeln gerade darin, dass er als erster von allen Menschen den einzig rationellen Weg zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit erkannt hat, nämlich der Ackerkrume die Verbindungen und Substanzen wieder künstlich zuzusetzen, die ihr durch das Wachstum der Pflanzen entzogen werden. Ja, indem von künstlichen Düngemitteln beliebige Mengen zur Verfügung stehen, kann man durch ihre reichliche Verwendung, für die die obere Grenze durch die Erfahrung festgestellt worden ist, den Ertrag des Bodens ausserordentlich erhöhen.

Wir kommen jetzt zur Beschaffung dieser künstlichen Düngemittel, auf welche wir hier einzugehen haben, weil die meisten hierzu geeigneten Rohmaterialien, wie sie die Natur liefert, erst auf chemischem Wege für die Zwecke der Landwirtschaft brauchbar gemacht werden müssen.

Die hauptsächlichsten Quellen, die für die Gewinnung billiger Phosphorsäure — denn teure könnte der Landwirt nicht brauchen — zur Verfügung stehen, sind folgende drei: Knochen, Phosphorit und Thomasphosphatmehl.

Die Knochen bestehen zum grossen Teil aus phosphorsaurem Kalk, ausserdem enthalten sie Fett und leimgebende Substanz, und wollen wir von ihnen nebenbei folgendes mitteilen.

Das Fett entzieht man den Knochen heutzutage durch Extraktion mit Benzin, und dient es zur Herstellung von Kerzen oder Seife, welche ersteren wir besprochen haben

Digitized by Google

und letztere wir später kennen lernen. Ihr Leim, der unter dem Namen Knochenleim verwendet wird, wird nach einem Verfahren gewonnen, das wir hier nicht besprechen wollen, da es zu viele Vorkenntnisse voraussetzt.

Glüht man sie in einem geschlossenen, nur mit einem Abzugsrohr für die Dämpfe versehenen Kessel, behandelt sie also in ähnlicher Weise wie es mit den Steinkohlen für die Leuchtgasfabrikation geschieht, so hinterlassen sie im Kessel eine tiefschwarze Masse, die sogenannte Knochenkohle, die somit den Koks der Gasanstalten entspricht. Solche Knochenkohle hat die merkwürdige Eigenschaft, gefärbten Lösungen den Farbstoff zu entziehen. Schüttelt man z. B. Rotwein mit ihr und filtriert ihn sodann, so erhält man eine wasserhelle Flüssigkeit, die vom Rotwein in nichts als durch die mangelnde Färbung verschieden ist. Von dieser entfärbenden Kraft, die das angeführte Beispiel, welches für die Praxis des Lebens keinen Wert hat, in recht drastischer Weise erläutert, macht man in vielen Industrieen Gebrauch. Z. B. wird auf diesem Wege das rein weisse Aussehen des Zuckers erreicht, auch werden wir der Anwendung der Knochenkohle in der Kartoffelspiritusindustrie wieder begegnen.

Mahlt man Knochenkohle fein und versetzt sie mit passenden Schmiermitteln, so hat man Stiefelwichse.

Glüht man Knochen statt in einem geschlossenen Kessel offen an der Luft, so brennen sie sich natürlich, indem dann aller Kohlenstoff verbrennt, völlig weiss. Solche weissgebrannten Knochen sind ein Ausgangsmaterial für die Düngerfabrikation, sie finden aber auch für die Fabrikation des Phosphors, über den wir bei den Zündhölzern Näheres hörten, und bei der Herstellung des Milchglases (siehe den X. Vortrag) Verwendung.

Ausser den Knochen dient der an vielen über die ganze Erde zerstreuten Orten als Mineral vorkommende phosphorsaure Kalk als Phosphorsäurequelle. Er führt zumeist den Namen Phosphorit, und ist bald mehr, bald weniger verunreinigt. Zu Florida in Nordamerika findet er sich in grossen Massen mit einem Durchschnittsgehalt bis zu 82 Prozent an phosphorsaurem Kalk, und da speziell

Digitized by Google

die Verunreinigungen des dort gefundenen Materials die chemische Verarbeitung, die wir gleich kennen lernen, wenig stören, erstreckte sich der Absatz gerade dieses Materials bis vor wenigen Jahren über die ganze Welt. Doch ist zur Zeit eine Änderung darin eingetreten. Erstens ist durch das allgemeine Darniederliegen der Landwirtschaft eine Abnahme des Verbrauchs von Phosphaten überhaupt eingetreten, und zweitens machen neuentdeckte Lager in Tenessee ihm in Amerika Konkurrenz, während in letzter Zeit in Algier entdeckte Fundstätten seinen Absatz in Europa schmälern.

Ehemals spielte auch der Guano eine grosse Rolle, doch tritt er infolge der Erschöpfung seiner Läger allmählich immer mehr in den Hintergrund. Er besteht aus den zersetzten Exkrementen von Seevögeln, von denen sich grosse Ablagerungen namentlich an der peruanischen Küste und auf den nahe liegenden Inseln finden. Er ist meist reich an Phosphorsäure und enthält auch zugleich viel Stickstoff.

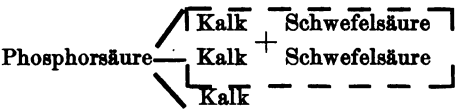
Schliesslich liefert die 1879 entdeckte Entphosphorung des Eisens, die wir im elften Vortrage ausführlich kennen lernen, sogenanntes Thomasphosphatmehl, das seinen Namen nach dem einen Entdecker der Eisenentphosphorung führt. Es stellt eine für die Landwirtschaft höchst wertvolle weil besonders billige Phosphorsäurequelle dar.

In den genannten Materialien, mit Ausnahme des letzten und teilweise auch des Guanos, befindet sich nun die Phosphorsäure im gleichen Zustande wie im Ackerboden, nämlich als phosphorsaurer Kalk in der unlöslichen Form. Wollte man die genannten Materialien etwa fein mahlen und auf den Acker bringen, so würde ihre Wirksamkeit eine ganz ungenügende sein, indem sie da nur sehr langsam auf dem natürlichen Wege, den wir bereits, um den Wert der Brache (siehe Seite 38) verständlich zu machen, ausführlich besprachen, wasserlöslich und damit für die Pflanzenwurzeln absorbierbar würden. Kurzum sie wären für den Landwirt so gut wie wertlos, indem die Pflanzen sie nur im Laufe vieler Jahre sich nutzbar machen könnten.

Digitized by Google

Ganz anders gestaltet sich aber die Sache dadurch, dass man die Phosphate aufschliesst, wie der fachmännische Ausdruck für ihre künstliche Überführung in den leicht im Wasser löslichen Zustand lautet. In diesem Zustande werden sie sogleich den Wurzeln der Pflanzen in einer solchen Beschaffenheit geboten, dass diese sie leicht und gern aufnehmen. Das Aufschliessen erfolgt in seinen Grundzügen stets so, dass die Phosphate fein gemahlen und mit starker Schwefelsäure übergossen werden. Der so erhaltene künstliche Dünger wird Superphosphat genannt.

In den erwähnten Phosphorsäurequellen ist die Phosphorsäure stets der Hauptsache nach an Kalk gebunden, und zwar hält ein Molekül Phosphorsäure drei Moleküle Kalk fest. Schwefelsäure ist nun in chemischer Beziehung stärker als Phosphorsäure, d. h. sie hat ein grösseres Verwandtschaftsbestreben als diese zum Kalk. Ein Molekül Schwefelsäure vermag aber immer nur ein Molekül Kalk zu binden. Lässt man deshalb zwei Mol. Schwefelsäure auf gebrannte Knochen oder bergmännisch gewonnenen Phosphorit wirken, so erhält man, wie aus dem Schema ersichtlich ist,



eine neue Verbindung, in der ein Molekül Phosphorsäure auf ein Molekül Kalk kommt, während sich andrerseits durch die Umsetzung zwei Moleküle schwefelsaurer Kalk, der im gewöhnlichen Leben Gips heisst, bilden. Der so dargestellte phosphorsaure Kalk ist in Wasser löslich, und in dieser Form in den Boden gebracht, assimilieren ihn die Pflanzen leicht. Wenn man auch gewohnheitsmässig von Phosphorsäuredingung spricht, so handelt es sich doch dabei um Düngung mit diesem künstlich hergestellten phosphorsauren Kalk. Phosphorsäure als solche in Wasser gelöst, giebt eine so ätzende Flüssigkeit, dass sie allen Pflanzenwuchs zerstören würde.

Digitized by Google

Neben diesem löslichen phosphorsauren Kalk bildet sich also beim Aufschliessen schwefelsaurer Kalk, und dass er dem Phosphat beigemengt bleibt, hat nichts zu sagen, ja für manchen an Kalk armen Boden ist die auf diese Weise mitbewirkte Kalkzufuhr ebenfalls recht günstig, denn die Pflanzen brauchen ja auch Kalk, wie wir aus den Aschenanalysen wissen.

Nun noch einige Worte über das Thomasphosphatmehl, jenes Abfallprodukt der Eisenindustrie. In ihm befindet sich die Phosphorsäure in einer solchen Verbindung mit Kalk, dass sie, ohne dass dieser phosphorsaure Kalk mit Schwefelsäure behandelt werden muss, bereits von den Pflanzen assimiliert werden kann. So ist gerade dieses eine ausserordentlich billige Quelle für Phosphorsäure, indem hier die Kosten des Aufschliessens ganz fortfallen, und wird das Mehl namentlich zur Wiesendüngung, für die es sich besonders eignet, in grösster Menge verwendet.

Wir kommen nun zu den Kalisalzen als Düngemittel. Kalisalze sind bis in die sechziger Jahre unseres Jahrhunderts recht kostbar gewesen. Die einzige Form, in der Kali in grösseren Mengen zu Gebote stand, war die Pottasche, die in chemischer Beziehung kohlensaures Kali ist.

Pottasche wurde, wie noch der Name andeutet, ursprünglich durch Auskochen von Pflanzenasche, als welche natürlich hauptsächlich Holzasche diente, in Töpfen bereitet. Den Kaligehalt der Pflanzenaschen kennen wir ja schon von ihrer Analyse her (siehe Seite 36). Noch in der Mitte dieses Jahrhunderts kauften Händler an vielen Orten, z. B. selbst in Paris, wo die zur Zimmerheizung dienenden mit Holz gespeisten offenen Kaminfeuerungen sehr reine Holzasche lieferten, die Holzasche zusammen, die dann in Fabriken auf Pottasche verarbeitet wurde. Sie wird viel in den Gewerben (Glasfabrikation, Seifenfabrikation, Färbereien etc.) gebraucht, und stand, und steht auch noch, obgleich man sie jetzt künstlich aus anderen Kalisalzen herzustellen versteht, sehr hoch im Preise, so dass sie als Düngemittel nie hätte Verwendung finden können. Später werden wir im Zusammenhang mit der

Digitized by Google

Soda noch ausführlicher auf ihre jetzige Fabrikation zurückkommen. Die anderen heute viel billiger als die Pottasche zu habenden Kalisalze, die zu Düngezwecken dienen, wie Chlorkalium und schwefelsaures Kali, stammen nun alle aus den Bergwerken in der Gegend von Stassfurt, welches in der Nähe von Magdeburg liegt, und so versorgen diese an Zahl geringen, in ihrer Ausdehnung sehr grossen deutschen Bergwerke die Landwirtschaft der ganzen Welt mit Kalisalzen.

In Stassfurt gab es viele salzige Quellen, die seit einer Reihe von Jahrhunderten versotten wurden. Das ward die Veranlassung in jener Gegend direkt nach Steinsalz zu bohren. Man stiess dabei wohl auf eine Art Salz, doch schmeckte es bitter, und wurde als Abraumsalz in grossen Mengen beiseite geworfen, nachdem infolge der Erbohrung reinen Steinsalzes der bergmännische Betrieb in Gang kam.

Diese bitteren Salze sind nun, wie man später fand, nichts anderes als Kalisalze, die dort in ungeheuren Massen liegen, und Veranlassung zur Gründung der grossen Industrie gegeben haben, die jetzt in jener Gegend blüht. Die Rohsalze, wie sie die Natur liefert, müssen nämlich erst in Fabriken umgearbeitet werden, um als Düngemittel brauchbar zu sein. Auch die dabei erhaltenen Nebenprodukte sind teilweise technisch verwertbar.

Man nimmt an, dass das Salzlager der Überrest eines ausgetrockneten Meeresarmes ist, der nach dem beginnenden Austrocknen sich noch öfters wieder mit Seewasser füllte, woraus sich das so massenhafte Vorkommen der Salze erklärt. Das Meerwasser enthält z. B. Brom, und ist zuerst aus ihm dieses Element in Südfrankreich hergestellt worden. Es spielt jetzt eine wichtige Rolle in der Photographie, in der es sehr viel gebraucht wird, wie wir sehen werden. Nun müssen doch die Stassfurter Salze, wenn die Annahme, dass sie dem Meere entstammen, richtig ist, ebenfalls Brom enthalten, und wirklich wird Brom jetzt aus ihnen in grösstem Massstabe gewonnen, womit wir eines der Nebenprodukte der dortigen Industrie kennen gelernt haben.

Digitized by Google

Wir gehen nunmehr zum Stickstoffbedarf der Pflanzen über.

Die Pflanzen brauchen den Stickstoff zum Aufbau des sogenannten Pflanzeneiweisses — wir kommen sehr bald beim eigentlichen Eiweiss auf dieses zurück —, welches in ihrem Dasein in ähnlicher Weise, wie das für das tierische Eiweiss gilt, die eigentlichen Lebensfunktionen bedingt; und so erklärt es sich, dass Stickstoffmangel für sie gleichbedeutend mit Verkümmerung ist.

In den Aschenanalysen (siehe Seite 36) finden wir Stickstoff nicht angeführt, und zwar deshalb, weil er in keiner Verbindung feuerbeständig ist, sondern bei der hohen Temperatur, die zur Veraschung der Pflanzenteile nötig ist, stets als solcher oder in Verbindung mit anderen Elementen entweicht. Seine Verflüchtigung in Verbindung mit Wasserstoff als Ammoniak beim Erhitzen von Steinkohlen z. B. haben wir ja bei der Leuchtgasfabrikation bereits kennen gelernt.

Von vornherein sollte man meinen, dass die Pflanzen an Stickstoff nie Mangel haben könnten. Wir sahen, dass sie mit Hilfe der Blätter ihren Kohlenstoffbedarf (siehe Seite 35) aus der Luft und zwar mit Leichtigkeit decken, und wie wir wissen, enthält die Luft (siehe Seite 8) in zehntausend Teilen nur drei Teile Kohlensäure, während in dieser Menge rund achttausend Teile Stickstoff vorhanden sind.

Stickstoff ist aber nun einmal, wie öfters erwähnt, ein sehr indifferentes Gas, und die Pflanzen haben, im Gegensatz zu ihrer durch die Chlorophyllkörner ermöglichten Assimilationsfähigkeit für Kohlensäure, keine Vorrichtung zur direkten Aufnahme dieser trägen Materie.

Allerdings findet sich in der Luft Ammoniak, also eine wasserlösliche Stickstoffverbindung, in Spuren, die aber nur nach Millionstel Teilen sich berechnet. Da nun die Pflanzen die wasserlöslichen Stickstoffverbindungen nur mit den Wurzeln, nicht mit den Blättern aufzunehmen vermögen, gelangt von diesem Ammoniak höchstens der Teil an sie, der mit der Luft im Boden zirkuliert, oder das, was mit dem Regen in diesen hineingespült wird, und das ist ganz ungenügend.

Digitized by Google

Wie die neuesten Forschungen gezeigt haben, spielen nun bei dem Prozess der Stickstoffassimilation durch die Pflanzen Bacillen eine ausschlaggebende Rolle. Es kommen nämlich im Ackerboden Bacillen mit der merkwürdigen Eigenschaft vor, durch ihren Lebensprozess Stickstoff mit Sauerstoff vereinigen zu können. Solche Verbindungen geben ihrerseits mit im Boden vorhandenen Stoffen wasserlösliche Substanzen, zumeist salpetersaure Salze, die die Pflanzen dann aufnehmen. Die Salpetersäure ist nämlich ein Oxydationsprodukt des Stickstoffs, also eine Sauerstoffverbindung desselben.

Ja, es giebt Pflanzen, und zwar gehören sie zur Klasse der Leguminosen, an deren Wurzelknöllchen sich infolge der Bacillenthätigkeit so viel stickstoffhaltige Materie ablagert, dass sie, wenn Phosphorsäure und Kali genügend vorhanden sind, nicht nur ohne jede Stickstoffdüngung vorzüglich gedeihen, sondern dass ihre beim Abernten zurückbleibenden Wurzeln den Boden geradezu an Stickstoffverbindungen anreichern. Man bezeichnet sie deshalb als Stickstoffsammler. Infolgedessen findet dann eine im folgenden Jahre gebaute Frucht, deren Wurzeln die Eigenschaft des überreichlichen Stickstoffsammelns nicht haben, einen ihr Wachstum sehr fördernden Vorrat an ihm vor, ohne dass Stickstoffdüngung stattgefunden hat. Der Geldwert dieses Stickstoffs mag etwa 40 Mark pro Hektar bei dem jetzigen Preise des Chilisalpeters, wenn man mit diesem als Stickstoffdünger düngen müsste (siehe weiterhin), betragen.

Auch macht man diese Bacillen jetzt schon geradezu den Zwecken der Bodenkultur dienstbar, wobei man auf zweierlei Art verfährt. Man überträgt nämlich entweder einige hundert Kilo der Erde eines Ackers, auf dem z. B. Erbsen gewachsen sind, die also reich an den stickstoffsammelnden Bacillen ist, auf ein Feld, welches mit Erbsen bepflanzt werden soll, so dass der Bacillus von vornherein ebenfalls auf dem Felde vorhanden ist, oder man bedient sich eines zweiten weit vollkommeneren Verfahrens. Dieses letztere besteht darin, dass man den Bacillus in Reinkulturen züchtet, was bereits einzelne Fabriken ausführen,

Digitized by Google

die diese Kulturen unter dem Namen Nitragin in den Handel bringen. Mit einer solchen mit Wasser verdünnten Reinkultur übergiesst man die auszusäenden Erbsen. An jeder einzelnen von ihnen haftet somit bei diesem Verfahren vom Tage der Aussaat an der stickstoffsammelnde Bacillus, und sollen die Erfolge dieser Methode z. B. auf den sehr stickstoffarmen Moorböden Norddeutschlands ganz ausgezeichnete sein.

Nun haben schon, lange bevor man dies alles wusste, Versuche gelehrt, dass es für den Pflanzenwuchs ausserordentlich förderlich ist, wenn man dem Boden stickstoffhaltige Materialien zuführt, also sozusagen die Bacillen in ihrer Thätigkeit unterstützt. Am geeignetsten sind natürlich wasserlösliche Stickstoffverbindungen, und von diesen sind namentlich zwei in genügender Menge zu haben und billig genug, um für diesen Zweck in der Landwirtschaft Verwendung finden zu können. Es sind dies erstens das Ammoniak und zwar in Form von schwefelsaurem Ammoniak, und zweitens der Chilisalpeter.

Das uns jetzt schon so gut bekannte Ammoniak entstammt also den Gasanstalten. Ammoniak ist in chemischer Beziehung ein Alkali oder eine Base, diese beiden Bezeichnungen sind heutzutage gleichbedeutend, und die Eigenschaft der Basen ist es, sich mit Säuren vereinigen zu können. Was dabei entsteht, nennt man ein Salz. Bei der Unsumme von Säuren und Basen, die es giebt, giebt es daher in chemischer Beziehung eine Unsumme von Salzen.[1])

Sowohl Säuren wie Basen können feste, flüssige oder gasförmige Körper sein. So ist Kieselsäure (Sand) eine feste Masse, und sie ist im chemischen Sinne eine Säure,

---

1) Anmerkung. Solche Salze nennt man schwefelsaures Kali, kohlensaures Natron etc. nach älteren Anschauungen, die sich im Publikum erhalten haben. Die Chemiker fassen ihre Zusammensetzung heute etwas anders auf, und sprechen vom schwefelsauren Kalium, kohlensauren Natrium etc. Doch soll in diesem Buche die alte Bezeichnung beibehalten werden, zumal es ganz unmöglich ist, hier die Gründe dieser Änderung auseinander zu setzen.

Digitized by Google

weil sie sich z. B. mit der Base Kali zu kieselsaurem Kali also einem Salz vereinigt. Schwefelsäure ist eine flüssige Säure und Kohlensäure ist gasförmig. Die Base Kali ist ein fester Körper, Anilin ist eine flüssige Base, und Ammoniak, mit dem wir es hier speziell zu thun haben, ist eine gasförmige Base. Da Ammoniakgas zufällig die Eigenschaft hat, in Wasser sehr leicht löslich zu sein, halten wir es der Bequemlichkeit halber in wässeriger Lösung vorrätig, und da es in dieser Form auch verkauft wird (meist unter dem Namen Salmiakgeist) sind die Laien geneigt, es für eine Flüssigkeit zu halten.

Das Ammoniakgas wird für die Zwecke der Landwirtschaft stets an Schwefelsäure gebunden, welche sich mit ihm zu einem weissen festen Salz vereinigt, und so findet es seine Verwendung als Düngemittel in Form von schwefelsaurem Ammoniak, wird als solches auf die Felder geworfen.

Die zweite Stickstoffquelle repräsentiert der Salpeter. Salpeter entsteht durch Verbindung der Salpetersäure mit den Basen Kali oder Natron, und darnach unterscheidet man Kalisalpeter und Natronsalpeter.

Der Kalisalpeter ist lange bekannt, und dient zur Herstellung des Schiesspulvers. Auf dieses und die neueren Sprengmittel wollen wir nach Erledigung der Besprechung der Nahrungsmittel näher eingehen. Er ist für die Landwirtschaft zu teuer.

Der billige Natronsalpeter ist wiederum ein Kind der Entdeckungen unserer Zeit. Er ist ein weisses in Wasser leicht lösliches Salz und führt nach seinem Ursprungslande auch den Namen Chilisalpeter. Daselbst giebt es gewaltige Länderstrecken, in denen es fast nie regnet, und der Boden gerade jener Gegenden ist reich an ihm.

Würde es dort viel regnen, so wäre er längst fortgewaschen. Laugt man nun das den Salpeter enthaltende Erdreich mit heissem Wasser aus, womit in den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts begonnen worden ist, so erhält man eine Lösung von Natronsalpeter. Filtriert man diese konzentrierte Lösung, so krystallisiert er beim Erkalten aus. Die so erhaltenen Krystalle bilden den Chilisalpeter des

Digitized by Google

Handels. Die Flüssigkeit, die über ihnen steht, heisst wie jede Flüssigkeit, aus der etwas auskrystallisiert ist, Mutterlauge.

Dampft man solche Mutterlauge ab, was nur an wenigen Orten, wie z. B. zu Kreuznach geschieht, so hinterbleiben die in ihr noch gelöst gebliebenen Salze, die als Mutterlaugensalze bezeichnet werden. Die Mutterlaugen des Chilisalpeters werden nicht völlig eingedampft, wohl aber wird aus ihnen noch Jod, von dem sie ein wenig enthalten, gewonnen, und ist Chili jetzt auch Hauptlieferant für dieses verhältnismässig seltene Element.

Nachdem wir nunmehr gesehen haben, in welcher Weise die Pflanzen imstande sind, alle zu ihrem Aufbau nötigen Stoffe der anorganischen Welt mit Einschluss der uns umgebenden Luft[1]) zu entnehmen, gehen wir zur Ernährung der Menschen und Tiere über.

Der Mensch vermag seinen Körper nur aus den von den Pflanzen bereits hergestellten organischen Stoffen aufzubauen. Er benutzt für diesen Zweck Obst, Getreide etc.,

---

1) Anmerkung: Es sind jetzt richtig hergestellte Gemische von allen für die Pflanzen wertvollen Nährstoffen, speziell für Garten- und Topfgewächse, in vollkommen wasserlöslicher Form, unter dem Namen Blumendünger im Handel. Bei der Düngung von Blumentöpfen aber muss man ganz besonders hinsichtlich der verwendeten Menge vorsichtig sein, da ein Zuviel, das bei der Kleinheit der Töpfe leicht eintreten kann, sehr schädlich ist. Man nehme von solchem Blumendünger pro Kilo Erde, welche der Topf enthält, etwa ein halbes Gramm, und löse dieses halbe Gramm in einem halben Liter Wasser. Weniger verdünnte Lösungen führen die Gefahr mit sich, dass die Wurzeln der Topfpflanzen angefressen resp. getötet werden, während bei dieser absichtlich hoch gewählten Verdünnung jede Schädigung ausgeschlossen ist. Das genannte Quantum genügt für ein Jahr. Man kann es auch so zur Verwendung bringen, dass man nach je sechs Monaten die Hälfte von ihm den Pflanzen giebt.

Im Garten berechnet sich die Menge der zu verwendenden Nährsalze nach der Tiefe, bis zu der man rajolt. Gräbt man also z. B. einen Quadratmeter 20 Centimeter tief um, so giesst

Digitized by Google

aber ebensogut dienen ihm Tiere dazu, wie die Austern, oder Teile von diesen, wie ihr Fleisch.

Die Tiere selbst leben aber ihrerseits stets wieder von Pflanzen, resp. von anderen Tieren, so dass also die Nahrung des ganzen Tierreichs dem Pflanzenreiche entstammt.

Alle Stoffe, welche uns als Nahrungsmittel dienen sollen, gelangen in den Magen. Dort und weiterhin im Darm werden diejenigen ihrer Bestandteile, die für die Ernährung Verwendung finden sollen, verdaut d. h. löslich gemacht, so dass sie vermittelst der Diffusion (siehe Seite 9) ins Blut gelangen können, welches bei seinem Kreislauf durch den Körper allen Teilen desselben das, was sie nötig haben, zuführt.

Wir wollen hier einmal eine Verdauung durch Magensaft uns in einigen Gläsern vorführen. Die Magenwand aller Tiere und des Menschen sondert einen Stoff ab, den man Pepsin nennt, und ausserdem findet sich im normalen Mageninhalt stets ein wenig, durchschnittlich 0,2 Prozent, Salzsäure. Diese beiden vereint haben die Eigenschaft die ungelösten Eiweissstoffe der Nahrung löslich zu machen, sie in, wie der Kunstausdruck lautet, Peptone zu verwandeln.

Das Pepsin der Magenwand geht, wenn man eine solche in Glycerin legt, in dieses über, und auf diese Weise gewonnenes pepsinhaltiges Glycerin wollen wir zu unserem Versuch verwenden, der in folgender einfachen Art sich anstellen lässt.

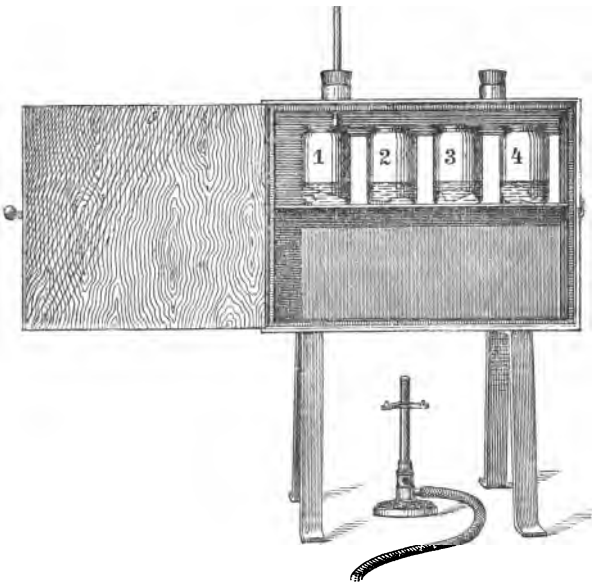
Wir halten in einem mit einem Thermometer versehenen Schrank die Wärme ungefähr auf Körpertemperatur also auf etwa 37° Celsius und bringen in den erwärmten Raum vier Gläser mit ein wenig Wasser. In eins geben wir ausserdem etwas von unserer Pepsinlösung, in das zweite Salzsäure, in das dritte und vierte etwas Pepsin und Salzsäure.

---

man, indem man auch hier das Verhältnis von Blumendünger und Erde wie 1 : 2000 wählt, die nach dem gleichen Verhältnis wie oben verdünnte Lösung von 100 Gramm dieser Nährsalze auf ihn.

Digitized by Google

Als zu verdauende Stoffe benutzen wir das erfahrungsgemäss sehr leicht verdauliche Fibrin — wir werden nachher erfahren, was das speziell für ein Eiweissstoff ist — und Stücke hartgekochten Eies. Von diesen beiden Stoffen bringen wir etwas in die Gläschen 1 und 2, während



Figur 13.

wir in Gläschen 3 nur Fibrin, in Gläschen 4 nur ein Stück hartgekochtes Ei bringen.

Nun ist das Gelöstwerden der Eiweissstoffe keine chemische Reaktion in gewöhnlichem Sinne, und verläuft nicht momentan wie so viele von diesen, sondern erfordert mindestens $^1/_2$ Stunde Zeit, um sich deutlich bemerkbar zu machen, und können wir uns daher erst am Ende des Vortrages von dem bis dahin erzielten Erfolge unseres Versuchs überzeugen.

Inzwischen sei folgendes weitere über die Verdauung mitgeteilt.

Digitized by Google

Während das im Magen in Thätigkeit tretende Agens wie erwähnt Pepsin heisst, und nur in Gegenwart von Säuren wirksam ist, indem also beide zusammen die Eiweissstoffe in den gelösten Zustand überführen, veranlasst die für die Ernährung nicht weniger wichtige Verdauung im Darm, in welchen sich die Galle ergiesst, ein Stoff, den man Trypsin genannt hat. Dessen lösende Kraft, die die Kohlenhydrate und Fette (siehe weiterhin) verdaut, also für den Körper nutzbar macht, kommt aber nur bei Anwesenheit von Alkali zur Geltung, und reagiert deshalb der Darminhalt alkalisch.

Sind auf dem Wege der Verdauung im Magen und Darm die Substanzen erst einmal gelöst, dann ist ja leicht einzusehen, wie sie durch Diffusion in das Blut übertreten können und durch den ganzen Körper verteilt werden.

Leicht einzusehen ist das wohl, wenn man es nur in der angegebenen Form betrachtet. Aber auch andere Fragen, die bis heute niemand gelöst hat, drängen sich dabei auf.

Wir haben es als ganz selbstverständlich besprochen, dass sich die Verdauungsvorgänge im Magen etc. abspielen. Der Magen besteht aber doch schliesslich auch aus Fleisch, d. h. Eiweissstoffen (siehe Seite 58), weshalb verdaut er da nicht sich selbst, woher kann er der Verdauungsflüssigkeit widerstehen? Wir verdauen doch mit Leichtigkeit, sagen wir, einen Gänsemagen, und wenn Sie dessen Verdaulichkeit etwa aufs Kochen schieben wollen, so müssen Sie bedenken, dass ein Hund z. B. ihn doch mühelos ungekocht bewältigt.

Die Beantwortung dieser Frage ist wirklich mit Sicherheit bis heute noch nicht gegeben. Wir wissen bereits, dass der Magensaft sauer ist, Blut dagegen reagiert alkalisch, und so kann man sich vorstellen, dass Säure und Alkali sich in der Magenwand gegenseitig abstumpfen, wodurch, indem nunmehr die Säure fehlt, die Möglichkeit der Verdauung aufgehoben ist. Ob dies aber wirklich der Grund für die Haltbarkeit unseres Magens ist, ist bisher nicht zu entscheiden gewesen.

Auch lässt sich noch manches andere geheimnisvolle

Digitized by Google

über die Leistungen der Verdauung sagen. Um nicht weitschweifig zu werden, sei nur noch eins erwähnt. Wo hat der Verdauungstractus die Intelligenz her, all dasjenige aus den Nahrungsmitteln auszuwählen, was der ganze Körper braucht.

Wir können uns noch ganz gut vorstellen, dass er für sich selbst sorgt, seinen eigenen Bedarf an Nahrungsstoffen zu seiner Instandhaltung deckt. Aber woher weiss er, wie viel phosphorsauren Kalks die Knochen für ihre Existenz benötigen und was das Gehirn braucht? Woher versteht der gesamte Verdauungsapparat bis etwa in sein zweiundzwanzigstes Jahr so viel Nahrungsstoffe an das Blut abzugeben, dass sie auch für das Wachstum des Körpers genügen, und hört von da ab damit auf.

Damit kommen wir immer mehr auf schwierige Gebiete der physiologischen Chemie, die wir hier nicht weiter verfolgen können.

Aber wenn wir offen sein wollen, wir wissen nicht einmal genau anzugeben, was Hunger und was Durst ist. Der eine z. B. empfindet den Hunger mehr im Rachen, der andere im Magen. Nur hat die Natur dafür gesorgt, dass wir beim Eintreten des Gefühls wissen, dass wir dieser Unlustempfindung vermittelst Nahrungsaufnahme abhelfen können, und hinsichtlich der Auswahl der Nahrungsmittel hat sie uns einen bedeutenden Spielraum gelassen.

In chemischer Beziehung zerfallen diese in drei grosse Klassen:

erstens: die Eiweissstoffe (nebst dem Leim),
zweitens: die Fette,
drittens: die Kohlenhydrate (Stärke und Zucker).

Die Eiweissstoffe sind sehr kompliziert zusammengesetzte **stickstoffhaltige** Substanzen, die die Natur in den Pflanzen (siehe Seite 46) erzeugt Sie gelangen von diesen aus mit der Nahrung in den tierischen Körper. Er baut aus ihnen dann noch weit kompliziertere Eiweissstoffe auf, und scheidet sie, nachdem sie seinen Zwecken gedient haben, schliesslich in Form eines verhältnismässig sehr einfach zusammengesetzten stark stiffstoffhaltigen Produkts, welches den Namen Harnstoff führt, durch den

Digitized by Google

Urin wieder ab. Bestimmt man daher die Menge Harnstoff, die der Mensch täglich ausscheidet, so kann man hieraus die Menge Eiweissstoffe, die er zu seiner Existenz verbraucht hat, leicht berechnen.

Die Bezeichnung Eiweissstoffe rührt natürlich vom Eiereiweiss her, hat aber im Laufe der Zeit jene weit umfassendere Anwendung gefunden, deren Definition wir soeben gegeben haben. Infolgedessen kann es z. B. im Wasser lösliche und in ihm unlösliche Eiweissstoffe geben.

Die wasserlöslichen Eiweissstoffe, z. B. also das Hühnereiweiss, gerinnen beim Kochen. Diese Umwandlung ist eine höchst merkwürdige. Wenigstens ist unter der Unzahl von Substanzen, die die Chemiker im Laufe der Zeiten dargestellt haben, keine einzige, die diese Eigenschaft zeigt, und es ist auch kaum Hoffnung vorhanden, Körper im Laboratorium aufzubauen, denen sie zukommt, und ganz aussichtslos ist die Darstellung künstlichen Eiweisses.

Der hauptsächlichste Eiweissbestandteil der Milch, welcher den Namen Caseïn führt, verträgt dagegen das Kochen, ohne sich zu verändern. Kommt aber nur die geringste Menge Säure in die Milch, so scheidet sich dieser Eiweissstoff sofort in Flocken ab, und die Milch gerinnt, wie wir es uns hier sichtbar machen wollen, indem wir ihr einen Tropfen Essig zusetzen.

Die Menge des Caseïns und der sonstigen Bestandteile in der Milch und im Rahm lehrt uns folgende Tabelle kennen:

	Milch		Rahm	
Wasser	87,70		68,82	Prozent
Caseïn	2,91		3,76	„
sonstiges wasserlösliches Eiweiss	0,52			
Fett	3,32		22,66	„
Milchzucker	4,84		4,23	„
Asche	0,71		0,53	„

An warmen Sommertagen wird nun die Milch scheinbar von selbst sauer, und gerinnt Ihnen meist ganz gegen Ihren Willen. Dieses Sauerwerden hängt so zusammen. Ausser dem Caseïn, das also etwa drei Prozent ausmacht, enthält sie als spezifischen Bestandteil den Milchzucker,

Digitized by Google

dessen Menge über vier Prozent beträgt, und dieser kann, wie die meisten Zucker, gären, d. h. unter bestimmten Voraussetzungen ohne eine eigentlich chemische Einwirkung in andere Stoffe übergehen.

Voraussetzung für jede Gärung sind gewisse überall in der Luft vorhandene Lebewesen, Pilze, heute Bacillen genannt, die ihre Wirksamkeit aber nur bei Erfüllung ihnen zusagender Bedingungen äussern. So wirkt der Milchsäurebacillus — so genannt, weil er den Milchzucker in Milchsäure verwandelt, wir werden ihm im weiteren Verlaufe der Vorträge noch öfter begegnen — erst bei Temperaturen etwa zwischen 20 und 30° lebhaft auf die Milch ein, und gerinnt diese daher durch die sich in ihr dann bildende Milchsäure nur an sehr warmen Tagen.

Gerinnt die Milch durch Sauerwerden, so geschieht das also durch Abscheidung ihres Caseïngehalts. Man bringt sie aber auch absichtlich in anderer Weise und zwar mittelst Lab zur Gerinnung, und das, was auf diese Art abgeschieden wird, dient passend hergerichtet unter dem Namen Käse als Nahrungsmittel. Das erwähnte Lab ist ein Ferment nach Art des Pepsins, welches wir schon kennen, nur findet sich dieses Ferment, das also die Verkäsung der Milch ermöglicht, nicht in jeder Magenwand, sondern speziell in der Schleimhaut des vierten Kälbermagens.

Bei der wichtigen Rolle, die die Milch namentlich in der Kinderernährung spielt, hat man sich lange bemüht, sie, die doch an und für sich eine ganz haltbare Flüssigkeit ist, für längere Zeit zu konservieren, also z. B. ihr Sauerwerden zu verhindern.

Zu dem Zweck dient in den Familien heute meist der Soxlehtsche Apparat. In diesem wird sie in einer geschlossenen Flasche auf 100° erhitzt. Damit erreicht man die Abtötung aller in ihr vorhandenen Bacillen, also z. B. auch aller Bakterien, die die Fäulnis veranlassen, womit man deren Eintritt unmöglich macht. Infolge des völlig dichten Verschlusses können nun, bis zum Wiederöffnen der Flasche, keine neuen Bacillen aus der Luft in sie

Digitized by Google

hineinfallen, folglich kann auch die Milchsäuregärung und damit die Gerinnung nicht eintreten.

Vollkommen identisch mit der ungekochten Milch ist die in einem derartigen Apparate gekochte aber nicht, wie sich das auch in der Praxis zeigt, wo sie manchen Kindern, die ausschliesslich derartige Milch erhalten, nicht bekommt, indem sie zu Verstopfungen neigen. Der Unterschied besteht in folgendem. Das Caseïn, das Fett, der Milchzucker etc. sind wohl unverändert geblieben, aber jene wasserlöslichen Eiweissstoffe (siehe die Tabelle Seite 55), die neben dem Caseïn in der Milch vorkommen, sind durch die Kochhitze, der sie ausgesetzt gewesen sind, geronnen und dadurch schwerer verdaulich geworden. Das Gesamtquantum dieser in der ungekochten Milch gelösten Eiweissstoffe beträgt also zirka 0,5 Prozent, das ist etwa der sechste Teil vom Gewichte des Caseïns.

Lernten wir bisher Eiweissstoffe kennen, die, sei es durch Hitze, sei es durch Säure gerinnen, so giebt es auch solche, die nur, solange sie sich im lebenden Körper befinden, gelöst bleiben, nach dem Verlassen desselben aber sehr bald erstarren. Solche Stoffe finden sich im Blute, und trennt sich dieses, wie ja allgemein bekannt ist, nach dem Verlassen des Körpers beim Stehen an der Luft sehr bald in eine feste Masse und eine Flüssigkeit. Die feste, rotgefärbte plastische Masse wird durch Waschen mit Wasser farblos, sie führt dann den Namen Fibrin, und das ist der Stoff, den wir zu unseren Verdauungsversuchen benutzten, weil er also mit am leichtesten, wie die Erfahrung gelehrt hat, bei künstlichen Verdauungsversuchen peptonisiert wird, was für Vorlesungsversuche besonders vorteilhaft ist.

Die nach Abscheidung des Fibrins aus dem Blute übrigbleibende Flüssigkeit führt den Namen Blutwasser oder Serum. Sind Tiere mit den giftigen Stoffen behandelt gewesen, die die Diphtheriebacillen in den Nährböden, auf welchen man sie züchtet, erzeugen, so kommt nach den Erfahrungen der neuesten Zeit dem Serum dieser Tiere eine heilende Wirkung bei Diphtherieerkrankungen des Menschen zu.

Digitized by Google

Wir wollen uns nun nicht tiefer in die bald sehr schwierig werdende Einteilung der Eiweissstoffe einlassen, zu denen im chemischen Sinne z. B. auch das Fleisch gehört, da es ein höchst kompliziert zusammengesetzter stickstoffhaltiger Körper ist.

Bemerkt sei nur noch folgendes. Wie wir wissen, entstehen die Eiweissstoffe im Pflanzenreich, so sind im Weizenmehl etwa zehn Prozent, so mögen selbst im Gras im Mittel zwei bis drei Prozent, im Heu wiederum zehn bis zwölf Prozent vorhanden sein.

Die Landwirte kaufen nun heute, wenn sie mit dem eigen gebauten Vorrat an Viehfutter nicht auskommen, wie allgemein bekannt ist, Futterstoffe zu, die wegen ihres hohen Nährstoffgehaltes Kraftfuttermittel genannt werden. Es sind das meist Kleie und die durch Pressen gewonnenen Kuchen, welche bei der Gewinnung von Öl aus ölreichen Pflanzensamen als Pressrückstand erhalten werden. Kleienanalysen werden wir Seite 68 finden. Sie bezahlen diese Futtermittel geradezu nach ihrem Gehalt an Eiweissstoffen, der bis zu fast 50 Prozent, wie z. B. in den Pressrückständen der Sonnenblumensamen, ansteigen kann. Dies ist deshalb der bequemste und vernünftigste Zahlungsmodus, weil der Gehalt an Eiweiss durch die chemische Analyse leicht festgestellt werden kann. Um nun den Namen Eiweiss, bei dem man unwillkürlich an Hühnereier denkt, und der daher als Benennung für Bestandteile von Pflanzensamen für den Laien, also auch für die überwiegende Zahl der Landleute, etwas Seltsames hat, zu vermeiden, bezeichnet die Handelswelt die Eiweissstoffe der Futtermittel als Proteïnstoffe.[1])

Betrachten wir nunmehr den Erfolg unserer Verdauungsversuche.

Da sehen wir, dass das Pepsin allein im Glase 1

---

1) Anmerkung. Die Bezeichnung Proteïnstoffe stammt vom griechischen *πρωτεύω*, ich nehme den ersten Rang ein, her. Sie ist seit den vierziger Jahren in der Wissenschaft gebräuchlich, und bezieht sich auf die hervorragende Rolle, die diesen Stoffen in der lebenden Welt zukommt.

Digitized by Google

weder auf das Fibrin noch auf das hartgekochte Eiweiss irgendwie verändernd gewirkt hat. Die Salzsäure allein hat im Glase 2 wohl ein Aufquellen des Fibrins veranlasst, es aber nicht gelöst, während das hartgekochte Eiweiss ebenfalls nicht verändert erscheint.

Ganz anders dagegen hat unser Gemisch von Pepsin und Salzsäure in den Gläsern 3 und 4 gewirkt. In dieser der Verdauungsflüssigkeit des Magens entsprechenden Mischung ist im Glase 3 das Fibrin geradezu verschwunden, ist es aufgelöst worden, und wenn man das näher untersucht, findet man, dass es in einen wasserlöslichen Eiweissstoff, den man wie erwähnt Pepton nennt, übergegangen ist. Unser hartgekochtes Eiweiss ist im Glase 4 gleichfalls stark angegriffen, wenn auch noch nicht ganz gelöst und nicht völlig in Pepton verwandelt, es ist eben schwerer verdaulich als das Fibrin. Wollten wir mehr Zeit auf den Versuch verwenden, so würden wir es aber auch schliesslich völlig als Pepton in Lösung gehen sehen.

In der Wirklichkeit verhält sich die Sache selbstverständlich ebenso. Hartgekochte Eier gelten mit Recht für schwerverdaulich, aber schliesslich schadet es natürlich einem gesunden Menschen nicht, wenn ihr Auflösungsprozess im Magen etwas mehr Zeit als bei anderen Nahrungsmitteln wie Fleisch z. B. in Anspruch nimmt, während für einen nicht ganz Gesunden hiernach harte Eier nicht gerade empfehlenswert sind.

In Anschluss an das Eiweiss haben wir noch den Leim zu besprechen. Die Knorpel, die Knochen und das ganze sogenannte Bindegewebe des tierischen Körpers enthalten Substanzen, die, wenn man sie mit Wasser kocht, schliesslich in Lösung gehen, und der erhaltenen Flüssigkeit die Eigenschaft erteilen, beim Erkalten zu gelatinieren. Durch Eintrocknen dieser gelatinierten Flüssigkeit erhält man den Leim, der in dieser Form für Klebzwecke Verwendung findet.

Auch er ist stark stickstoffhaltig. Sein Prozentgehalt an diesem weicht nicht viel von dem des eigentlichen Eiweisses ab, von dem wir hier Analysen im Zusammenhang mit ihm geben, und vermag der Leim in der Nahrung,

Digitized by Google

in die er also z. B. beim Kochen von Knochen etc. mit übergeht (siehe Seite 84), auch teilweise das Eiweiss zu vertreten. Er findet sich, wie wir uns sagen können, namentlich in Suppen und Saucen.

	Hühnereiweiss.		Pflanzeneiweiss aus Weizen.		Leim.	
Kohlenstoff	52,25	Proz.	54,3	Proz.	50,1	Proz.
Wasserstoff	6,90	„	7,2	„	7,5	„
Stickstoff	15,25	„	16,2	„	17,5	„
Schwefel	1,93	„	1,0	„	—	„
Sauerstoff	23,67	„	21,3	„	24,9	„

Digitized by Google

IV. Vortrag.

Gemischte Kost. Butter. Margarine. Künstliche Speisefette. Stärkemehl. Die Zuckerarten. Das Süsswerden der Früchte. Diät der Zuckerkranken. Traubenzucker. Bonbons. Zuckercouleur. Rohrzucker. Exportprämien. Saccharin. Die Nahrungsaufnahme. Kochsalz. Eisen. Zweck des Kochens. Suppe. Brotbacken. Kochen der Kartoffeln.

Das mit den Nahrungsmitteln aufgenommene Eiweiss dient zum Wiederersatz der durch den Lebensprozess verbrauchten Eiweissstoffe des Körpers.

Ausser für deren Erneuerung hat der Körper aber noch weitere Nahrungsmittel nötig, welche seinen fortdauernden Kraftverbrauch ermöglichen. Dieser macht sich z. B. in seiner willkürlichen Bewegung als ganzes oder der unwillkürlichen Bewegung seiner einzelnen Teile, sagen wir des Herzens, geltend. Weiter müssen die Nahrungsmittel, indem ihr Kohlenstoffgehalt schliesslich zu Kohlensäure verbrennt, — ein Vorgang, von dem wir uns schon im ersten Vortrage überzeugten — seine Temperatur dauernd auf der für die Lebensfunktionen nötigen Höhe erhalten.

Zum Ersatz gerade der durch die Atmung ausgegebenen Kohlensäure (siehe Seite 10), also z. B. zur Erhaltung der Körperwärme, bedarf er z. B. keiner stickstoffhaltigen Nahrung, also keines Eiweisses, da ja der Stickstoff in diesem Prozess keine Rolle spielt.

Nun hat uns die Natur, wie schon erwähnt, einen

Digitized by Google

ziemlich weiten Spielraum hinsichtlich der Nahrungsmittel gelassen, und bei sehr reichhaltiger Eiweisskost kann, wenn das auch durchaus nicht nötig ist, dessen Kohlenstoffgehalt den gesamten Bedarf des Tierkörpers an ihm decken. Das wird namentlich durch die Raubtiere bewiesen, die ja zum Teil ausschliesslich Fleisch konsumieren, und von diesem zeigen die Analysen, dass es kaum stickstofffreie Nährstoffe enthält, also fast reine Eiweisskost (siehe die Analysen Seite 82) ist.

Nötig für die Erhaltung des Körpers ist die reine Eiweissnahrung also sicher nicht, und so geniessen die Menschen erfahrungsgemäss am liebsten gemischte Kost, d. h. im Laufe des Tages eine Folge von Speisen, deren Gehalt an Eiweiss zum Ersatz des Verbrauchs an diesem ausreichend ist, und die andererseits so viel stickstofffreie Nahrung enthalten, dass sie für die nötige Arbeitsleistung und Erhaltung der Körperwärme genügt. Durch Zufuhr von Wasser oder flüssigen Nahrungsmitteln decken sie nebenbei ihren Bedarf an diesem.

Die stickstofffreien Nahrungsmittel zerfallen in zwei grosse Klassen, in die Fette und die Kohlenhydrate. Da nun sowohl Fette als auch Kohlenhydrate stickstofffrei sind und infolgedessen bei beiden für die Ernährung nur ihr Kohlenstoffgehalt in Betracht kommt, vermögen sie sich, was höchst wichtig ist, in den Nahrungsmitteln gegenseitig zu vertreten.

Die Fette, die als Nahrungsmittel Verwendung finden, entstammen grossenteils dem Tierreich, aber auch dem Pflanzenreich. Letztere nennen die Nichtchemiker zumeist Öle, es sei an das Olivenöl erinnert. Die Kohlenhydrate dagegen finden sich im Tierkörper nur in minimalster Menge, und alle, die uns als Nahrungsmittel dienen, liefert das Pflanzenreich, wie wir sehr bald sehen werden.

Aus dem bisher Mitgeteilten schon erklärt es sich z. B. sehr leicht, dass die Grönländer, wie es Reisende immer wieder als Merkwürdigkeit mitteilen, so reichlich Thran also Fett trinken. Da das Klima dort keinen Landbau gestattet, und sie infolgedessen keine pflanzlichen Nahrungsmittel also kein Mehl, keinen Zucker etc. zur Verfügung haben,

Digitized by Google

müssen sie ihren ganzen Bedarf an stickstofffreier Nahrung durch Verzehren von Fetten hier speziell Thran decken. In unseren Gegenden geniesst man beide Klassen von stickstofffreien Nahrungsmitteln. Fette in Form von Fett oder Butter und Kohlenhydrate in Form von Brot (resp. anders zubereiteten Mehlspeisen), Kartoffeln und ähnlichem. Weiter nach dem Süden treten dann pflanzliche Fette in den Kreis der Nahrungsmittel wie das Olivenöl. Wie wir sehen, hat also der Mensch instinktiv sein Bedürfnis an Fetten und Kohlenhydraten der Gegend, in welcher er lebt, anzupassen gewusst.

In unseren Breiten wird also ein sehr grosser Teil des Fettes in Form von Butter, die wir aus Milch gewinnen, genossen. Überlässt man Milch sich selbst, so trennt sie sich bei längerem Stehen, indem die leichten Fettkügelchen allmählich nach oben steigen, in zwei Schichten, den Rahm und die entfettete oder abgerahmte Milch. Die einzelnen Fettkügelchen treten bei dem heftigen Schlagen, dem der Rahm hernach im Butterfass ausgesetzt wird, zur Butter zusammen, wobei sie zugleich aus dem flüssigen in den festen Zustand übergehen.

Der bedeutende Preis solcher Butter liess lange schon an ihren Ersatz durch Kunstbutter denken. Die Aufgabe, eine solche herzustellen, ist von Mège-Mouries anfangs der siebziger Jahre in Frankreich gelöst worden.

Zu ihrer Gewinnung dient Rindertalg. Dieser wird bei 45° also bei möglichst niedriger Temperatur ausgeschmolzen, worauf die erhaltene ölige Flüssigkeit nach längerem Stehen von den Häuten, die sich inzwischen zu Boden gesetzt haben, abgegossen wird. Die jetzt ganz klare Flüssigkeit wird nach Zugabe von Salz etwa 24 Stunden bei circa 25° Celsius stehen gelassen, wobei sie teilweise wieder erstarrt, und sodann in Pressen, die die gleiche Temperatur haben, ausgepresst.

Der Pressrückstand, der zum grössten Teil aus stearinsaurem Glycerin besteht, geht in die Stearinkerzenfabrikation (siehe Seite 19), während das Abfliessende unter dem Namen Oleomargarin als Speisefett Verwendung findet. Die Fabrikation von Oleomargarin ist eigentlich nur noch in Amerika

Digitized by Google

lohnend, wo die Massen geschlachteten Rindviehs, deren Fleisch als Dauerware in den Handel kommt, das nötige Fett, das sonst kaum rationell verwendbar wäre, liefert. Es wird von dort in grössten Mengen nach Europa exportiert, und soll es hier in Kunstbutter verwandelt werden, so setzt man flüssigem Oleomargarin bis zu einem Drittel seines Gewichtes an Baumwollsamenöl und Sesamöl, sowie etwa die Hälfte seines Gewichts an Kuhmilch, und etwas Curcuma zum Gelbfärben zu. Die Milch findet für die guten Sorten als Vollmilch Verwendung, während zur Herstellung der billigen Qualitäten abgerahmte Milch benutzt wird.

Beim kräftigen Durcharbeiten sondert sich das so bereitete Gemisch allmählich in zwei Teile, die Kunstbutter oder Margarine und eine wässrige Flüssigkeit.

Wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, ist an einer sauber hergestellten Kunstbutter als Nahrungsmittel nichts auszusetzen. Denn gereinigtes Baumwollsamenöl ist dem Olivenöl so ähnlich, dass z. B. heute auch bei Herstellung der französischen Ölsardinen kein Olivenöl mehr, sondern nur noch Baumwollsamenöl benutzt wird.

Nachdem bei uns die Fabrikation und namentlich der Verkauf der Margarinebutter jetzt strengster staatlicher Kontrolle unterworfen sind, liegt für diejenigen Bevölkerungsschichten, die nicht grade Anspruch auf allerteuerste Kuhbutter, deren Geschmack die Kunstbutter nie erreichen wird, machen können, kein Grund vor, gute Margarinebutter nicht den billigen Sorten schlecht hergestellter Kuhbutter vorzuziehen, mit welcher erstere im Preise sehr wohl konkurrieren kann.

Ausser in Form von Butter findet das Fett, welches die Fleischer im frischen Zustande mit dem Fleische liefern, wohl die grösste Verwendung als Nahrungsmittel, und daran schliessen sich das Schweineschmalz, welches massenhaft aus Nordamerika in den Handel gebracht wird, und die Speisefette. Speisefette verhalten sich zur Kunstbutter wie sich Schmalz zur Naturbutter verhält. Die Speisefette bestehen zumeist aus Oleomargarin, dem so viel Baumwollsamenöl zugefügt ist, dass das Ganze nicht Butter-

Digitized by Google

sondern nur Schmalzkonsistenz zeigt. Während Margarine infolge der zu ihrer Herstellung nötigen Milch allmählich verdirbt, sind Speisefette von fast unbegrenzter Haltbarkeit. Auch an Speisefetten ist also nichts auszusetzen, wenn sie sauber hergestellt werden; was bei diesen aber leider weit weniger kontrolliert wird.

Wir verlassen nunmehr die Fette und gehen zu den Kohlenhydraten über.

Sie haben ihren Gattungsnamen zufolge des Verhältnisses, in welchem die Elemente sie zusammensetzen, erhalten, und umfassen das Stärkemehl, den Zucker und ähnliche Stoffe, die wir weiterhin kennen lernen werden. Sie enthalten alle nur die drei Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und besteht z. B. der Zucker, welcher in den Weintrauben sich findet, und der deshalb Traubenzucker genannt wird, aus folgender Anzahl von Atomen:

Traubenzucker.

6	Atome	Kohlenstoff (abgekürzt C)
12	„	Wasserstoff abgekürzt H)
6	„	Sauerstoff (abgekürzt O)

oder mit den uns jetzt leicht verständlichen Abkürzungen (siehe Seite 23) geschrieben, ist seine Formel

$$C_6 H_{12} O_6$$

Das Verhältnis in ihm zwischen den Atomen Wasserstoff und Sauerstoff ist darnach wie 2 zu 1, das ist das gleiche Verhältnis wie im Wasser, dessen so bekannte Formel ja $H_2 O$ ist. Indem man nun in älteren Zeiten annahm, dass in dieser Klasse von Verbindungen am Kohlenstoff sozusagen Wasser sässe, nannte man die Gruppe — denn in allen zu ihr gehörigen Körpern liegen die Verhältnisse ebenso, d. h. ist das Verhältnis der Wasserstoffatome zu den Sauerstoffatomen wie 2 zu 1 — Kohlenhydrate.

Heute weiss man durch geradezu bewundernswerte Arbeiten Fischers, die erst in den letzten Jahren zum Abschluss gediehen sind, dass das Verhältnis der Analysenzahlen nur durch reinen Zufall sich in der angegebenen Art deuten lässt, und so ist die Benennung Kohlenhydrate ganz und

Digitized by Google

gar hinfällig, sie wird aber als bequeme Allgemeinbezeichnung dieser Körperklasse beibehalten.

Die Stärke oder das Stärkemehl ist ein im Pflanzenreiche ganz allgemein verbreiteter Stoff. Sie ist das für die Ernährung des Menschen wichtigste Kohlenhydrat, weil wir sie mit allen Nahrungsmitteln, die dem Pflanzenreiche entstammen, geniessen.

Die chlorophyllhaltigen Körner der Blätter vermögen die Kohlensäure der Luft zu ihrem Aufbau zu benutzen, wie wir schon Seite 35 erwähnten. Daher finden wir die Stärke in allen grünen Blattteilen. Schliesslich sammelt sie sich während des Lebensprozesses der Pflanzen hauptsächlich in denjenigen Organen der Pflanzen, die als Reservestoffbehälter (siehe Seite 100) dienen. Wir treffen sie daher besonders reichlich in den Knollen und Wurzeln, in den Früchten und in den Samen an.

Wenn auch die chemische Formel für die Stärke jeden Ursprungs gleich ist, sie ist $C_6H_{10}O_5$, d. h. also, wenn auch jedes Molekül Stärke aus sechs Atomen Kohlenstoff, zehn Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff besteht, so haben doch die Stärkekörnchen der verschiedenen Pflanzen, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet, ein voneinander abweichendes Aussehen, sind in ihrer Struktur verschieden, wie man sich ausdrückt.

Abgesehen davon, dass wir also die Stärke gemischt mit anderen Stoffen z. B. als Brot (siehe Seite 67) geniessen, gewinnt man sie für manche technischen Zwecke als solche und zwar bei uns namentlich aus Kartoffeln, aus Weizen, aus Reis und auch aus Mais. Im grossen ganzen verläuft die Fabrikation so, dass man z. B. Kartoffeln zerreibt, und den Brei durch ein feines Sieb laufen lässt. Alle groben Bestandteile bleiben auf demselben, während das im Wasser aufgeschwemmte Stärkemehl mit dem Wasser durch die Maschen hindurchgeht. Die auf diesem Wege erhaltene milchweisse Flüssigkeit lässt man in Bottichen stehen, in denen sich die Stärkekörner allmählich zu Boden setzen. Der Bodensatz wird, nach dem Ablassen der überstehenden Flüssigkeit, möglichst ent-

Digitized by Google

wässert, und schliesslich bei nicht zu hoher Temperatur getrocknet. Erwärmt man nämlich feuchte Stärke auf etwa 50 bis 60°, so ändert sie sich vollständig. Sie verliert ihre Struktur gänzlich und geht in das über, was wir Kleister nennen.

Je nach der Ursprungspflanze bezeichnet man sie als Kartoffelstärke, Weizenstärke etc. Ausländische Stärkemehle führen Fremdnamen wie Arrow-Root, welches aus den Wurzeln verschiedener tropischer Pflanzen gewonnen wird, und deshalb sind nicht alle Sorten, die unter diesem Namen im Handel sind, identisch.

Etwas anders verhält es sich mit der Sagostärke. Diese wird aus dem Mark einiger Palmen, ähnlich wie die Kartoffelstärke aus den Kartoffeln, durch Schlemmen gewonnen. Das fast trockene Material wird aber schliesslich durch ein Sieb auf warme Metallplatten fallen gelassen. Hierbei verkleistern die durchgesiebten Partikeln äusserlich und kleben zu jenen rundlichen Körnern zusammen, die unter dem Namen Sago in den Handel kommen, und der angegebenen Behandlungsweise ihre Form verdanken.

Um zu zeigen, wieviel Stärkemehl in den Samen und Knollengewächsen, die uns hauptsächlich zur Nahrung dienen, enthalten ist, seien hier die entsprechenden Analysen angeführt. Bei den Getreidesamen ist die Zusammensetzung im gemahlenen Zustande angegeben, da wir doch nur ihr Mehl als Nahrungsmittel verwenden.

		Feinstes Weizenmehl	Roggenmehl mittl. Zusammensetzg.	Kartoffeln mittl. Zusammensetzg.	
	Wasser	14,86	15,06	75,48	Proz.
	Eiweissstoffe	8,91	11,52	1,95	„
	Fett	1,11	1,79	0,15	„
Kohlenhydrate	**Stärke**	**65,93**	**62,00**	**20,69**	„
	Zucker	2,23	0,95	—	„
	Gummi und Dextrin	6,03	4,86	—	„
	Cellulose	0,33	2,01	0,75	„
	Asche	0,55	1,71	0,98	„

Wie Seite 58 erwähnt, dient die Kleie, das sind die Hülsen der Körner nebst all dem, was nach dem Mahlen

Digitized by Google

des Getreides nicht durch die feinen Siebe als Mehl hindurchfällt, als Viehfutter, und wollen wir hier auch deren Analyse anreihen.

	Weizenkleie	Roggenkleie
Wasser	13,2	12,5 Proz.
Eiweiss	14,1	14,5 „
Fett	3,7	3,4 „
Kohlenhydrate	56,0	59,0 „
Cellulose	7,2	6,0 „
Asche	5,8	4,6 „

Aus den Analysen geht hervor, dass die Kleie reicher an Eiweiss als das Mehl ist, und daher gelten kleienreiche Brote mit Recht als sehr nahrhaft. Jedoch ihr Aussehen ist nicht besonders schön, und über ihren Geschmack lässt sich streiten. Gerade wegen ihres höheren Eiweissgehaltes werden sie allerdings Zuckerkranken (siehe Seite 69) sehr empfohlen.

Die Cellulose, die, wie wir aus den mitgeteilten Analysen ersehen, sich in allen Mehlen findet, ist auch ein Kohlenhydrat von der Formel $C_6H_{10}O_5$ und muss deshalb als solches in den Analysen mitangegeben werden. Da sie aber als ganz unverdaulich bezeichnet werden muss, repräsentiert sie im Gegensatz zu den anderen Kohlenhydraten der Nahrungsmittel keinen Nährwert.

Wir gehen jetzt zu den Zuckern über. Wir sagen zu den Zuckern, weil in der Natur eine ganze Reihe von Zuckerarten vorkommen, wenn auch ihre Anzahl weit kleiner als die der Stärkemehle ist. Wir kennen alle vom täglichen Gebrauch her den Rohrzucker, und haben von sonstigen Zuckern in den Vorträgen bereits den Milchzucker (Seite 55) und den Traubenzucker (Seite 65) kennen gelernt.

Stärke und Zucker sind nun, vom chemischen Standpunkte aus betrachtet, einander sehr nahestehende Kohlenhydrate, und die Stärke geht mit grosser Leichtigkeit in Zucker und zwar speziell leicht in Traubenzucker über. Das nehmen wir im Leben häufig war. So schmecken unreife Früchte nicht süss, können aber, wie z. B. Erdbeeren, diesen Geschmack in wenigen Stunden annehmen.

Digitized by Google

Der diese Umwandelung bewirkende Vorgang ist der, dass ein Teil der in der Erdbeere vorhandenen Stärke sich beim Reifwerden in Zucker verwandelt, und nicht nur das Reifen veranlasst diesen Übergang, sondern er kann auch beim Abkühlen von Früchten unter 0° eintreten. So schmecken bekanntlich Kartoffeln nach dem Erfrieren — wenn auch durchaus nicht schön — süss. Auch hier ist die Ursache der Veränderung die gleiche.

Der Ubergang von Stärke in Zucker lässt sich sogar in kürzester Zeit vor Ihren Augen ausführen. Geben wir nämlich in Wasser, dem wir etwas Säure, z. B. Salzsäure zusetzen, Stärkemehl, und kochen kurze Zeit, so ist schon ein Teil der Stärke in Zucker übergegangen, was wir an der folgenden chemischen Reaktion erkennen.

Fügen wir zu Wasser Natronlauge und Kupfervitriollösung, so erhalten wir einen blauen Niederschlag von Kupferoxydhydrat, der beim Kochen der Flüssigkeit, indem er in Kupferoxyd übergeht, schwarz wird, und Zusatz von Stärke ändert diese Reaktion nicht. Nehmen wir aber die Lösung, die wir soeben durch Kochen der Stärke mit etwas Salzsäure erhalten haben, und setzen ihr Natronlauge und dann Kupfervitriollösung zu, so erhalten wir nicht wie vorher einen blauen Niederschlag, sondern eine himmelblaue klare Flüssigkeit, und kochen wir diese, so färbt sie sich nicht schwarz durch Kupferoxyd, sondern rot durch jetzt entstehendes Kupferoxydul.

Diese Rotfärbung unter diesen Bedingungen ist eine dem Traubenzucker eigentümliche Reaktion.[1]) Dieser Zucker

---

1) Anmerkung: An dieser Reaktion, die der Geübte in gleicher Weise mit dem Harn anstellt, erkennt man die Zuckerkrankheit, denn auch Zuckerkranke scheiden speziell Traubenzucker, der sich aus dem Stärkemehl der Nahrungsmittel im Körper bildet, mit ihrem Harn aus, und dieser giebt mit den gleichen Chemikalien versetzt nach dem Erwärmen einen zwar nicht reinroten sondern gelbroten Niederschlag.

Die Diät, die die Zuckerkranken einhalten sollen, die ihnen und ihrer Umgebung so oft hinsichtlich des erlaubten und verbotenen Genusses von Speisen und Getränken Kopfzerbrechen verursacht, ist, nach dem, was wir nunmehr wissen, für uns aus sich selbst klar,

Digitized by Google

muss hier also aus dem Stärkemehl durch Kochen mit einer Säure entstanden sein. Von der chemischen Seite betrachtet, ist der Übergang sehr leicht verständlich. Die

---

erscheint uns geradezu selbstverständlich. Denn Eiweiss kann nicht in Zucker übergehen, da zwischen ihm und Zucker ein chemischer Zusammenhang kaum besteht (das ereignet sich nur in den allerschwersten Stadien dieser Krankheit, in welchen der ganze Stoffwechselumsatz des Körpers bereits in Unordnung geraten ist, die wir hier natürlich nicht berücksichtigen). Ebenso ist ein näherer chemischer Zusammenhang zwischen Fett und Zucker nicht vorhanden, wohl aber haben wir uns jetzt überzeugt, wie nahe Stärke und Zucker zu einander stehen und wie leicht Stärke in Zucker übergeht.

Geniesst man z. B. Brot, so wird dessen Stärkemehlgehalt durch die Verdauung im Darm in Zucker übergehen, und dieser wird, da er wasserlöslich ist, von da aus mittelst Diffusion (siehe Seite 9) resorbiert werden und so in die Blutbahn gelangen. Im gesunden Körper wird der Zucker sodann völlig für die Erhaltung des Körpers verbraucht, und sein Kohlenstoffgehalt wird schliesslich als Kohlensäure ausgeatmet, sein Wasserstoffgehalt zu Wasser oxydiert werden, wir finden daher nichts von ihm im Urin. Durch den Körper des Zuckerkranken dagegen geht ein Teil des Zuckers unausgenutzt durch, und wird als solcher im Urin ausgeschieden, wo ihn die chemische Analyse leicht nachweist. Der Körper des Zuckerkranken arbeitet also nicht mehr normal, nutzt den in die Blutbahn gelangten Zucker nicht mehr vollständig nach Art des gesunden Körpers aus. Das Auffinden von Zucker im Urin ist daher ein Zeichen für sein nicht mehr ganz tadelloses Funktionieren.

Ein Zuckerkranker wird also bei Eiweiss- und Fettnahrung, wenn er demnach Fleisch, Eier, Butter und ähnliches, also namentlich Nahrung tierischen Ursprungs geniesst, keinen Zucker abscheiden. Dagegen werden der Zucker selbst und aus Mehl bereitete Speisen oder Kartoffeln, sowie Obst, kurzum so ziemlich alle dem Pflanzenreich entstammenden Nahrungsmittel, die doch, wie wir auseinandergesetzt und wie aus ihren Analysen (siehe Seite 67) ersichtlich ist, meist einen hohen Gehalt an Stärkemehl haben, zu einer mehr oder weniger reichlichen Zuckerausscheidung Veranlassung geben, indem doch Stärke im menschlichen Körper in Zucker übergeht. Deshalb werden sie so viel, als möglich ist, von ihm gemieden werden müssen.

In nicht sehr schweren Stadien der Krankheit, und die Krankheit tritt ja glücklicher Weise verhältnismässig selten schwer auf, wird er noch einen bedeutenden Teil des Stärkemehls der Nahrungsmittel nutzbar für die Ernährung seines Körpers verwerten, weshalb ihm dann meist ein wenig Semmel-

Digitized by Google

Stärke braucht nur einmal die Elemente des Wassers also H_2O aufzunehmen, um in Traubenzucker verwandelt zu sein.

Stärke besteht aus,	nimmt Wasser auf	und liefert Traubenzucker, bestehend aus
6 Kohlenstoffatomen		6 Kohlenstoffatomen
10 Wasserstoffatomen	2 Wasserstoffatome	12 Wasserstoffatomen
5 Sauerstoffatomen	1 Sauerstoffatom	6 Sauerstoffatomen

oder abgekürzt geschrieben

$$\underset{\text{Stärke}}{C_6H_{10}O_5} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6}$$

Zwischen der Stärke und dem Traubenzucker giebt es noch Zwischenprodukte. Das bekannteste von ihnen ist das Dextrin, welches man z. B. erhalten kann, wenn man Stärke auf 170—200° erhitzt. Es dient viel als Ersatz für arabischen Gummi.

Der Zucker, wie man ihn aus Stärke durch Kochen mit Säuren erhalten kann, wird auch fabrikmässig dargestellt, und führt den Namen Stärkezucker oder auch Traubenzucker. Er ist kaum zum Festwerden zu bringen, oder wie man das nennt, zum Krystallisieren zu bringen, selbst im Laboratorium macht dies sehr viel Mühe, und die Handelsware bleibt daher stets syrupförmig. Dieser Syrup bildet einen passenden Ersatz für Honig, und so dient er auch viel zur Herstellung der Honig- oder Pfefferkuchen. Eine Hauptrolle spielt er aber in der Bonbonfabrikation. Die Bonbons sollen ja gar nicht so hart, wie es der Rohrzucker z. B. ist, werden, und für sie ist er deshalb besonders geeignet.

Ausserdem dient er zur Herstellung der Zuckercouleur. Erhitzen wir hier ein wenig von ihm in einem

---

oder Roggenbrot etc. zu geniessen gestattet bleibt. Der nicht schwer Zuckerkranke wird also nur einen kleinen Teil des in den Speisen enthaltenen Stärkemehls, ohne ihn für seine Ernährung verwendet zu haben, also ohne ihn seinem Körper nutzbar gemacht zu haben, im Harn in Form von Traubenzucker ausscheiden. Wir werden noch öfters z. B. bei den Getränken auf die Diät der Zuckerkranken zurückkommen, und finden sich alle hierauf bezüglichen Stellen im Inhaltsverzeichnis unter dem Titel „Zuckerkranke, Diät der“ zusammengestellt.

Digitized by Google

Glase, bis er dunkelbraun geworden, und giessen jetzt, nachdem das Glas wieder erkaltet ist, Wasser hinauf, so färbt dieses sich sofort gelbbräunlich, es hat sogleich die Farbe etwa von Cognac. Lassen wir das Wasser ein wenig länger darauf stehen, so entspricht die Färbung bereits der des dunklen Bieres, die übrigens, wie wir sehen werden, nicht auf diesem Wege erzielt wird. Diese sogenannte Zuckercouleur eignet sich deswegen so ausgezeichnet zum Färben von zur Ernährung oder zum Genuss bestimmten Waren, und wird so viel für sie benutzt, weil sie völlig unschädlich ist.

Weit mehr als der Traubenzucker, den man als solchen im Leben wenig zu sehen bekommt, und den wir nur des Zusammenhanges halber, weil er so leicht aus der Stärke entsteht, zuerst besprachen, interessiert uns der Rohrzucker, der uns täglich mehrere Male durch die Hände geht, und als Versüssungsmittel aller Speisen dient. Vor seiner Einführung hatte man für diesen Zweck nur den Honig zur Verfügung, und ob uns z. B. die süssen Speisen, die bei den berühmten Gastmählern der alten Römer oder selbst in den Nürnberger Patricierhäusern des frühen Mittelalters gereicht wurden, mit ihrem Honiggeschmack zugesagt hätten, erscheint sehr fraglich.

Der Rohrzucker ist, wie sein Name andeutet, ursprünglich das Erzeugnis eines rohrartigen Gewächses des Zuckerrohrs. Dieses kommt nur in südlichen Klimaten vor, und durch die Kreuzzüge lernten die Europäer den Zucker zuerst kennen. Zumeist venetianische Kaufherren brachten ihn damals aus dem Orient und vertrieben ihn durch ganz Europa.

Man verstand aber jener Zeit nur den sehr süssen Saft der Pflanze, also einen Syrup, aus ihr zu gewinnen, und die Darstellung des festen Zuckers aus diesem gelang erst um 1400. Etwa noch ein Jahrhundert später lernte man ihn durch Raffination verfeinern, d. h. man löste das feste Produkt nochmals in Wasser, klärte die Lösung, und liess nach dem Einkochen den Zucker aus der jetzt ganz klaren Flüssigkeit wieder auskrystallisieren, wodurch er natürlich viel reiner ausfiel. Die Mutterlauge, die hierbei übrig

Digitized by Google

bleibt, welche noch viel Zucker gelöst enthält, der nicht mehr auskrystallisieren will, schmeckt ebenfalls angenehm süss. Sie wird natürlich noch heute beim Raffinieren des Rohzuckers aus Zuckerrohr erhalten, und wird unter dem Namen Syrup als billiger süssschmeckender Stoff verzehrt.

Nachdem der Zucker so eine bequem transportable recht appetitlich aussehende Handelsware geworden war, nahm seine Fabrikation einen grossen Aufschwung, und alle Länder, in denen das Klima dem Anbau des Zuckerrohrs günstig war, kultivierten dieses eifrig. So ward in Mittelamerika, speziell auf den Antillen, wohin das Zuckerrohr schon im Jahre 1506, also keine 15 Jahre nach der Entdeckung Amerikas gebracht worden war, im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert mit Hilfe von aus Afrika herübergeholten Sklaven so viel Zucker hergestellt, dass dadurch sein Anbau in der übrigen Welt, selbst in dem klimatisch doch gewiss begünstigten Ostindien, zeitweise fast oder gänzlich zum Erliegen kam. Nach Sizilien, dem nördlichsten und einzigen europäischen Lande, in dem man sich ernstlich mit seiner Kultur beschäftigt hat, war es schon früh mit den siegreichen Arabern gelangt. Es ist aber seit dem Aufkommen jener amerikanischen Überproduktion von dort und damit aus Europa wieder gänzlich verschwunden.

Die Entdeckung des Berliner Chemikers Marggraf, der im Jahre 1747 bekannt gab, dass in der Runkelrübe sich derselbe Zucker wie im Zuckerrohr finde, sollte dann von der folgenschwersten Bedeutung für die europäische Landwirtschaft werden, der dadurch, dass man seitdem aus dieser überall in Europa fortkommenden Pflanze denselben Zucker wie aus dem fast tropisches Klima verlangenden Zuckerrohr gewinnen kann, ein neues, für lange Zeit sehr gewinnbringendes Anbauobjekt zugefallen ist.

Marggraf war sich der Tragweite seiner Entdeckung sehr wohl bewusst. Achard, ein Verwandter von ihm, versuchte alsbald die Zuckergewinnung im grossen auf diesem Wege, jedoch ohne Erfolg, indem der billige Kolonialzucker eine lohnende europäische Fabrikation jener Zeit noch ausschloss. Durch die politischen Verhältnisse

Digitized by Google

änderte sich jedoch hernach die Sachlage. Infolge der Kontinentalsperre Napoleon des Ersten ging der Preis aller sonst von den Engländern nach Europa gebrachten Erzeugnisse der Kolonien, die durch jenes Edikt in den Bann gethan wurden, ausserordentlich in die Höhe, und speziell der Wert eines Pfundes Zucker stieg auf zwei Thaler. Unter solchen Umständen musste die Gewinnung des Rübenzuckers wieder lohnend werden und wurde eifrig aufgenommen.

Mit dem Aufhören der Kontinentalsperre kamen allerdings die meisten damaligen europäischen Rübenzuckerfabriken wieder zum Erliegen, aber man hatte doch so viel Erfahrung in der Fabrikation gesammelt, dass es schliesslich gegenüber dem Kolonialzucker festen Fuss zu behalten gelang, zumal dieser natürlich, als sehr passendes Finanzobjekt, einen hohen Eingangszoll bei seiner Einführung in die europäischen Staaten zu zahlen hatte.

Die Fabrikation des Zuckers aus Rüben ist dann im Laufe der Jahre auf eine Staunen erregende Höhe gelangt, indem sich Wissenschaft und Technik auf diesem Gebiete so vollständig als möglich ergänzten. Folgende Zahlen zeigen das aufs deutlichste. Zur Gewinnung eines Zentners Zucker brauchte man an Rüben:

im	Jahre	1836	— 18	Zentner
„	„	1842	— 16	„
„	„	1857	— 12	„
„	„	1871	— 11	„
„	„	1894	— $7^1/_2$	„

Marggraf hat den Gehalt der Rüben an Zucker seiner Zeit etwas über 6 Prozent gefunden. Durch passende Auswahl an Düngemitteln, die natürlich zumeist die von uns besprochenen künstlichen sind, hat man ihn auf 14 ja selbst 16 Prozent heraufgebracht.

Die Rüben werden zur Extraktion des Zuckers zu Schnitzeln zerschnitten, und diesen wird in der sogenannten Diffusionsbatterie im Laufe weniger Stunden ihr Zuckergehalt völlig entzogen. Der so erhaltene zuckerhaltige Saft muss nun eingedampft werden. Dieses bietet grosse Schwierigkeiten, weil Zucker, wenn man ihn lange kocht,

Digitized by Google

sich verändert, und die Eigenschaft später fest zu werden, also Krystallzucker zu geben, verliert. Auch diese Schwierigkeit hat man längst überwinden gelernt, und namentlich das Einkochen wird in merkwürdiger Weise ausgeführt.

Da siedende Zuckerlösungen sich also verändern, aber der Saft doch eingedickt werden muss, damit der Zucker nachher beim Erkalten aus ihm auskrystallisiert, dampft man ihn nämlich statt in offenen Gefässen im sehr stark luftverdünnten Raume ab, wodurch der Siedepunkt der Flüssigkeit aus folgendem Grunde sehr herabgesetzt wird.

In unserer ersten Vorlesung führten wir uns doch den Luftdruck vor Augen (siehe Seite 4). Soll z. B. Wasser sieden, so muss der Wasserdampf doch diesen überwinden, ehe er überhaupt aufsteigen kann. Entfernt man nun durch eine Luftpumpe aus einem geschlossenen Gefäss, sagen wir einem kupfernen Kessel — so verhält es sich in der Zuckerindustrie — die Luft, so wird jetzt in diesem Raum der Wasserdampf viel leichter aufsteigen können, das Wasser wird nicht bei seinem gewöhnlichen Siedepunkt von 100° Celsius, sondern bei weit niedrigerer Temperatur schon verdampfen. Vielleicht wird dieser Vorgang durch folgende Thatsache noch leichter verständlich. Auf dem Montblanc siedet Wasser bereits bei 85°, weil hier auf ihm eine um so viel weniger hohe Luftsäule, also ein um so viel geringerer Luftdruck lastet, als die Spitze des Berges über die Ebene, in der es bei 100° siedet, hinausragt.

Das Abdampfen bei der durch die Luftverdünnung im Apparate stark herabgesetzten Siedetemperatur der Flüssigkeit verträgt nun der Zuckersaft ohne jede Gefahr. Ist er genügend eingedickt, so scheidet er nach dem Erkalten Zucker in schwach gelbgefärbten Krystallen aus. Dieser führt den Namen Rohzucker, wird durch Raffinieren gereinigt, und in Zuckerhutform in den Handel gebracht. Zu seiner vollständigen Entfärbung dient die uns schon bekannte Tierkohle (siehe Seite 41).

Beim Auskrystallieren des Zuckers hinterbleibt natürlich eine Mutterlauge (siehe Seite 50), sie führt in der

Digitized by Google

Rübenzuckerfabrikation den Namen Melasse. Diese ist im Gegensatz zum Syrup aus Zuckerrohr (siehe Seite 73) ungeniessbar, weil sie hässlich schmeckt. Eine lange Zeit ungelöste Frage war die Gewinnung des in ihr noch steckenden Zuckers. Auch diese Aufgabe ist mit Hilfe der Chemie seit etwa 15 Jahren gelöst, so dass auch diesem Fabrikationsrückstande jetzt sein gesamter Zucker entzogen werden kann.

Wir haben einige Male die Steuerverhältnisse des Zuckers erwähnt. Diese haben sich im Laufe der Zeit sehr geändert. Solange es nur Kolonialzucker gab, war dieser ein ebenso bequemes Steuerobjekt, wie es noch heute der Kaffee, der Thee etc. sind, waren die Einnahmen aus ihm der reine Finanzzoll. Als dann im Inlande Zucker erzeugt wurde, blieb, wenn der Staat nicht auf seine Einnahmen verzichten wollte, nichts anderes übrig, als diesen inländischen Zucker ebenfalls zu besteuern. Die bequemste Form ist ohne Zweifel die, dass man die Rüben besteuert, indem man die Menge derselben abwiegt, die in die Fabrik kommen, wobei man von der Annahme ausgeht, dass ein bestimmtes Quantum Rüben auch eine bestimmte Menge Zucker liefert. Dadurch ist die Fabrik in der Art und Weise, wie sie ihr Rohmaterial verarbeiten will, absolut ungehindert, und kann unbeschränkt an der Verbesserung ihrer Fabrikationsmethode arbeiten.

Als dann die Fabrikation so gross wurde, dass sie nicht nur den Inlandskonsum vollständig deckte, sondern dass Rübenzucker aus dem Lande exportiert, also nach dem Auslande verkauft wurde, musste für diesen natürlich die Steuer rückvergütet werden, damit er überhaupt mit dem Rohrzucker, auf dem in seiner Heimat doch keine Steuer lastet, im Auslande konkurrieren kann. Und damit begann die Ära der jetzt so viel genannten Exportbonifikationen. Hatte der Fabrikant seiner Zeit so viel Rübensteuer bezahlt, als ob zehn Zentner Rüben einen Zentner Zucker lieferten, und gelang es ihm durch Verbesserung seiner Fabrikation dieses Quantum, sagen wir schon aus neun Zentnern Rüben herzustellen, so erhielt er, wenn sein Zucker ins Ausland ging, die Steuer für zehn Zentner Rüben zurück,

Digitized by Google

während er in Form des exportierten Zuckers sie nur für neun Zentner Rüben bezahlt hatte. So ging die ursprüngliche Steuerrückvergütung auf diesem Wege in die Exportprämie über. Und diese Verhältnisse waren die mächtigste Triebfeder unablässig auf Vervollkommnung der Fabrikation zu sinnen, da sich jede Verbesserung der Ausbeute an Zucker sofort in Form der sich dadurch in sich selbst erhöhenden Exportbonifikation zu barem Gelde umsetzte.

Im Anschluss an den Zucker wollen wir gleich noch den neuesten Süssstoff das Saccharin erwähnen. Sein Name entstammt der lateinischen Bezeichnung für Zucker saccharum.

Von der Unsumme von chemischen Verbindungen, die man kennt, zeigen natürlich viele einen ausgesprochenen Geschmack; so haben die Säuren ihren Namen daher, dass die zuerst bekannt gewordenen Glieder der Gruppe sauer schmecken. Den Basen, wie Kali oder Natron, kommt ein ätzender laugenhafter Geschmack zu. Die Salze, also die Verbindungen von Säuren mit Basen (siehe Seite 48), schmecken bald rein salzig, bald bitter salzig etc., bald haben sie gar keinen Geschmack. Und die Unzahl von chemischen Verbindungen, die nicht unter diese drei Klassen fallen, variieren natürlich auch hinsichtlich ihres Geschmackes unendlich. Abgesehen vom wirklichen Zucker kannte man schon seit langem einige Verbindungen, die ein wenig süsslich schmecken, wie das Glycocoll u. a. Zufällig zeigt nun bisher besonders einer unter allen bekannt gewordenen Körpern die Eigenschaft ganz ausserordentlich süss, vielleicht 300 Mal so süss zu sein als Zucker, dieser Körper ist das Saccharin. Es ist chemisch sehr kompliziert zusammengesetzt und als Benzoësäuresulfinid zu bezeichnen.

Es hat durchaus keinen Nährwert, ganz abgesehen davon, dass es ja überhaupt nur in Spuren genossen wird. Dagegen kann es, ohne dass je schädliche Folgen bekannt geworden sind, ganz nach Art des Zuckers zum Versüssen der verschiedenartigsten Dinge dienen. Den grössten Vorteil von ihm haben die Zuckerkranken, die sich mit seiner Hilfe jetzt den süssen Geschmack von Speisen vortäuschen

Digitized by Google

können, auf den sie bis zu seiner Erfindung ganz verzichten mussten.

Der Vorteil des Versüssens der Speisen auf diesem Wege ist übrigens gar nicht so gering anzuschlagen, indem es den Zuckerkranken das Verzehren derselben erleichtert.

Denn bei der Nahrungsaufnahme spielen ohne Zweifel ausser dem physischen Bedürfnis auch seelische Vorgänge eine Rolle. Wir können auf die Dauer nur Nahrungsmittel zu uns nehmen, die durch Zusätze irgend welcher Art für uns schmackhaft gemacht sind. Es scheint, als ob diese, wie das Salz, der Pfeffer, der Senf zur Anregung der Verdauungsthätigkeit notwendig sind. Ja, das geht so weit, dass wir die warmen Aufgüsse von Kaffee oder Thee, die keinen Nährwert haben, ganz regelmässig geniessen, weil wir aus Erfahrung wissen, dass sie das Verzehren fester Nährstoffe erleichtern.

Auf der Mittelstufe zwischen Nahrungs- und Genussmitteln stehen die geistigen Getränke, bei deren ausführlicher Besprechung wir allerdings sehen werden, dass sie weit mehr zu letzteren gehören.

Nun lehrt ja die Erfahrung weiter, dass der Mensch sich verhältnismässig leicht an Genussmittel gewöhnt, so dass bei fortgesetztem Gebrauch derselben Substanzen entweder Überdruss eintritt oder die gleiche Wirkung immer nur durch vergrösserte Mengen erreicht werden kann, was dann zu einem Übermass mit seinen verderblichen Folgen führt. Daraus ergiebt sich, dass eine auf die Dauer bekömmliche Ernährung eine passende Abwechslung der Speisen an sich verlangt, und dass es ebenso nötig ist, auch für eine richtige Auswahl der ihnen behufs besseren Wohlgeschmacks zuzusetzenden Genussmittel zu sorgen. Das gelingt ja den meisten Hausfrauen glücklicherweise auf Grund der täglichen Übung rein aus Erfahrung.

Eine Verfeinerung der Speisen ist ein durchaus nicht unerlaubtes Streben, und gewiss ebenso gestattet wie tausend andere berechtigte Bestrebungen nach Genüssen, die das Leben angenehm zu gestalten im Stande sind. Damit soll selbstverständlich nicht etwa eine Lanze für Diners mit

Digitized by Google

unendlich langer Speisenfolge eingelegt werden, sondern nur gesagt sein, dass es eine einer Hausfrau wohl würdige Aufgabe ist, dafür zu sorgen, dass das, was auf den Tisch kommt, so zubereitet ist, dass es mit Vergnügen verzehrt wird und im Anschluss daran wohl bekömmlich ist. Man mag im Essen so niedrige tierische Funktionen sehen, wie man will, zu leugnen ist trotzdem nicht, dass Essen und Trinken Leib und Seele zusammenhalten.

Nicht zu verkennen ist, dass die Bereitung von Nahrungsmitteln im Grossbetriebe manches Gute zu Tage fördert. In den Städten bezieht jetzt wohl jeder sein Brot vom Bäcker und hat es dadurch täglich frisch und von bestem Wohlgeschmack zur Verfügung. Auf dem Lande dagegen, wo für den einzelnen Haushalt gebacken werden muss, giebt es fast immer verhältnismässig altes Brot, weil die tägliche Herstellung der täglich gebrauchten Menge nicht angängig ist. Und wer wollte in der auf diesem Wege erreichten Verbesserung des Brotgenusses eine Verschwendung oder Verweichlichung sehen.

Auch die Gemüse in Form von Konserven[1]), die deren Genuss jetzt im Winter kaum teurer als im Sommer ermöglichen, gehören hierher, und ebenso die jetzt so zahlreich gewordenen Fleisch- und Fischkonserven. Sie gestatten z. B. ohne grosse Kosten eine ganz bedeutende Abwechslung in die Abendbrote zu bringen, eine Bezeichnung für diese Mahlzeit, die gewiss noch aus jener Zeit herrührt, wo man abends hauptsächlich auf Brot angewiesen war.

Die bekannte Thatsache von den „toujours perdrix“ ist ja ein wirklich durchgeführter Beweis dafür, dass das-

1) Anmerkung: Die Herstellung der Konserven entspricht ganz der Haltbarmachung der Milch mittelst des Soxlehtschen Apparats, die wir Seite 56 kennen lernten. Die auf diesem Wege zu konservierenden Nahrungsmittel werden in die meist aus verzinntem Eisenblech (Weissblech genannt) hergestellten Dosen zusammen mit Wasser eingefüllt und die Dosen werden sodann verlötet. Durch längeres Liegenlassen der nunmehr luftdicht verschlossenen Dosen in siedendem Wasser tötet man alle in ihnen vorhandenen Bakterien also auch die Fäulnisbakterien, womit das Verderben ihres Inhalts unmöglich wird.

Digitized by Google

jenige, was an und für sich für ein besonders gutes Essen gilt, und gelegentlich ausserordentlich wohlschmeckend ist, auf die Dauer allein und ohne Abwechslung genossen, geradezu ungeniessbar wird.

Das geht nicht allein den Menschen, sondern sogar fleischfressenden Tieren so. Wenigstens sterben selbst Ratten sehr bald, wenn man ihnen nichts anderes als ausgekochtes Fleisch giebt, indem sie es nicht mehr anrühren, und lieber verhungern als weiter von ihm fressen.

Mit Vögeln scheint es sich anders zu verhalten, da man diese im Käfig ohne Schaden jahrelang mit derselben Körnerart füttern kann. Allerdings wissen wir aus den mitgeteilten Analysen von Getreidekörnern (siehe Seite 67), dass solche in sich schon eine gemischte Nahrung repräsentieren, und mag diese Mischung sie auf die Dauer geniessbar erhalten.

Ausser Eiweiss, Fett und Kohlenhydraten braucht unser Körper also noch Wasser und anorganische Salze für seine Existenz.

Von anorganischen Salzen geniessen wir direkt nur das Kochsalz, das wir absichtlich den meisten Speisen zusetzen, und dessen Genuss an und für sich auf den tierischen Körper günstig einzuwirken scheint. Sehen wir doch, dass viele Tiere, wenn sich ihnen Gelegenheit dazu bietet, gern und regelmässig an Salzsteinen lecken.

Was wir sonst von solchen Salzen brauchen, wie den phosphorsauren Kalk für die Knochen etc., das ist in den Nahrungsmitteln, wie aus den bereits angeführten Analysen, denen sich noch eine Anzahl anschliessen wird, hervorgeht, gleich mit und in genügender Menge enthalten. Das Gesamtquantum dieser anorganischen Salze ist dort immer als Asche aufgeführt.

Nur einer von diesen Bestandteilen bietet auch für weitere Kreise grosses Interesse, das ist das Eisen. Die Menge des täglichen Eisenbedarfs beim Menschen ist recht gering, man kann sie auf etwa 0,15 Milligramm pro Kilo Körpergewicht schätzen. Bei einem Gewichte von 50 Kilogramm macht das also im Jahre noch lange nicht 3 Gramm aus, und trotzdem veranlasst die ungenügende Aufnahme

Digitized by Google

von Eisen Bleichsucht und sonstige Störungen, wie allgemein bekannt ist. Während nämlich der Gesunde seinen Bedarf an Eisen mit Leichtigkeit aus den Nahrungsmitteln mit deckt, ist bei manchen Krankheiten, z. B. also der Bleichsucht der jungen Mädchen, diese Fähigkeit des Organismus, seinen Eisenbedarf allein aus den Nahrungsmitteln zu decken, so herabgesetzt, dass es der künstlichen Zufuhr von Eisenmitteln bedarf, um ihn zu der genügenden Aufnahme zu veranlassen. Nur ist es oft sehr schwer, das richtige eisenhaltige Medikament zur Anwendung zu bringen, weil der Körper der einzelnen Individuen sich denselben gegenüber sehr verschieden verhält. Daher kommt es, dass fortwährend neue Eisenpräparate auftauchen. Doch lässt sich heute so viel sagen, dass die einst viel umstrittene Ansicht, ob die dem Körper in Form von Arzneimitteln zugeführten Eisenverbindungen überhaupt die Blutbildung zu erhöhen vermögen, jetzt für ein so unumstössliches Faktum gilt, dass wohl jeder Arzt den Wert von Eisenpräparaten bei manchen Erkrankungen anerkennt.

Wir wollen hier zum Schluss den Eisengehalt einiger Nahrungsmittel in Milligrammen angeben, zumal es sich um Zahlen, denen viele ein ganz besonderes Interesse entgegenbringen, handelt, die bisher in der Art noch kaum zusammengestellt worden sind.

100	Gramm	Eiweiss	enthalten nur Spuren	Eisen	
100	„	Weisswein	enthalten 0,1	Milligramm	Eisen
100	„	Rotwein	„ 0,16	„	„
100	„	Kuhmilch	„ 0,3	„	„
100	„	Äpfelwein	„ 1,3	„	„
100	„	Reis	„ 1,5	„	„
100	„	Kartoffeln	„ 1,6	„	„
100	„	Äpfel	„ 2,0	„	„
100	„	Rindfleisch	„ 4,2	„	„
100	„	Spinat	„ 4,5	„	„
100	„	Weizen	„ 4,8	„	„
100	„	Erbsen	„ 5,6	„	„
100	„	Eigelb[1])	„ 10,0 bis 22,5	„	„

1) Anmerkung. Der Eisengehalt des Eigelbs wechselt mit den Jahreszeiten, und ist zur Brutzeit am höchsten.

Digitized by Google

Nachdem wir nunmehr die einzelnen Klassen der für unsere Ernährung notwendigen Stoffe besprochen haben, kommen wir zum Werte des Kochens.

In der Beziehung verhalten sich tierische und vegetabilische Nährstoffe recht verschieden.

Bei den tierischen, namentlich bei reinem Fleisch, ist in Bezug auf den Nährwert die Zubereitung ziemlich gleichgültig. Gilt doch rohes geschabtes Beefsteakfleisch, wenn es nur durch Pfeffer und Salz geniessbar gemacht ist, für besonders nahrhaft, und ist diese Annahme nicht ungerechtfertigt. Rohes Fleisch von Fischen oder Vögeln vermögen wir allerdings nicht zu geniessen, jedoch auch dieses wird durch Kochen oder Braten in seinem Nährwert nicht weiter verändert. Aber gerade beim Braten, bei dem das Fleisch mit geschmolzenem Fett und etwas Wasser erhitzt wird, bilden sich angenehm riechende und den Geschmack anreizende Substanzen, welche als anregende Genussmittel das Verzehren erleichtern.

Die fünf folgenden Analysen werden diese Mitteilungen durch ihre Zahlen unterstützen:

	Wasser	Proteïn-toffe	Fett	Extraktiv-Stoffe	Asche
Frisches Rindfleisch enthielt	70,88	22,51	4,52	0,86	1,23
Nach dem Kochen enthielt es	56,82	34,13	7,50	0,40	1,15
Als Beefsteak enthielt es . .	55,39	34,23	8,21	0,72	1,45
Kalbskotelett enthielt vor dem Braten	71,55	20,24	6,38	0,68	1,15
Nach dem Braten enthielt es	57,59	29,00	11,95	0,43	1,43

Was uns in den Analysen besonders auffällt, ist, dass Rindfleisch nach dem Kochen wasserärmer ist, als in rohem Zustande. Dies beruht auf der Zusammenziehung seiner Fasern in der Hitze. Weit auffälliger ist aber noch, dass die Zusammensetzung des gekochten Rindfleisches (kurzweg Suppenfleisch genannt) so wenig von der des Beefsteaks abweicht, ja dass der Gehalt an Eiweissstoffen in beiden der gleiche ist. Eine grössere Differenz sehen wir nur bei den Extraktivstoffen, deren Menge allerdings im Beefsteak fast doppelt so gross als im Suppenfleisch ist.

Unter Extraktivstoffen sind in der Analyse diejenigen Stoffe verstanden, welche beim Kochen ins Wasser über-

Digitized by Google

gehen, und nicht zu den Proteïnstoffen oder Fetten gehören. Sie gerade sind es nun, welche auf den Geschmack wirken, und, wie wir erfahrungsmässig wissen, in anregendem Sinne wirken. Fehlt ein Teil von ihnen, wie es infolge des Auskochens beim Suppenfleisch der Fall ist, so schmeckt solches Fleisch fade, und man isst es nicht gerne. Gelingt es aber mit Hilfe nachträglich zugesetzter Genussmittel den Geschmack des Suppenfleisches wieder zu verbessern, und ist es überhaupt nicht so weit ausgekocht, dass ihm durch keinen Zusatz mehr zu helfen ist, so steht es hinsichtlich seines Nährwertes anderem Fleisch kaum nach.

Damit kommen wir unwillkürlich zu dem Thema, wie man das Fleisch zur Gewinnung von Suppe auskochen soll. In vielen Gegenden der Erde kennt man diese überhaupt nicht, bei uns ist es ja aber allgemeiner Gebrauch sie zuzubereiten. Die Frage, um deren Erledigung es sich hierbei handelt, ist, soll man das Fleisch mit heissem oder kaltem Wasser aufsetzen, und das wollen wir sogleich durch einen Versuch entscheiden.

Wir übergiessen zu dem Zwecke etwas gehacktes Fleisch — wir verwenden solches, um eine recht grosse Oberfläche zu haben — mit kaltem Wasser, und rühren es gut durch. Filtrieren wir die Masse, um sie klar zu erhalten, so bekommen wir eine durch ein wenig Blutfarbstoff schön hellrosa gefärbte Flüssigkeit. Diese wollen wir jetzt in einem Glase aufkochen. Wir sehen ihre Farbe sehr bald in Grau übergehen, indem der Blutfarbstoff in der Hitze unbeständig ist und sich ändert, und eine grosse Menge von Flocken scheidet sich ab, die, wie die Untersuchung gelehrt hat, Eiweiss sind. Das kalte Wasser hat also aus dem Fleisch auch etwas lösliches Eiweiss ausgezogen, welches beim Kochen gerinnen muss, und da doch Suppen geschäumt werden, wie man das nennt, entfernt man mit dem Schäumen diese festgewordenen Eiweissstoffe, verzichtet des besseren Aussehens halber im Leben auf diesen Nährstoff.

Jetzt wollen wir eine zweite Portion des gehackten

Digitized by Google

Fleisches mit siedendem Wasser übergiessen und kurze Zeit kochen. Sofort färbt sich das Fleisch grau, nimmt die Farbe des Suppenfleisches an, indem also der Blutfarbstoff die Hitze nicht verträgt. Wir sehen in der siedenden Flüssigkeit nur sehr wenig Eiweissflocken schwimmen, und giessen wir auch diese jetzt durch ein Filter, so bekommen wir eine klare Flüssigkeit, die sich auch durch weiteres Kochen natürlich nicht mehr trübt.

Hier war der Verlauf also der, dass das auf das Fleisch gegossene siedende Wasser fast augenblicklich die Eiweisspartien an seiner Oberfläche zum Gerinnen brachte, wodurch seine feinen Poren verstopft werden, so dass jetzt die Extraktivstoffe aus dem Fleische kaum herauskönnen. Und so folgt auch unseren Versuchen, wie es die Praxis der Küche bestätigt: Will man eine gut schmeckende Suppe haben, so setzt man das Fleich mit kaltem Wasser auf, weil dieses die Extraktivstoffe reichlich herauszieht, das Suppenfleisch schmeckt dann aber wenig erfreulich. Liegt aber mehr an einem guten Geschmack des Fleisches, so benutzt man heisses Wasser, wobei die Suppe aus den angegebenen Gründen weniger gut schmeckend ausfällt.

Denn bei der Suppe handelt es sich eigentlich immer nur um den Geschmack, einen erwähnenswerten Nährwert hat sie nicht, wovon uns am besten wieder Zahlen überzeugen. Die analysierte Suppe war in gebräuchlicher Art und zwar aus 500 Gramm Rindfleisch und 190 Gramm Kalbsknochen hergestellt. Sie enthielt:

Wasser	95,18	Prozent
Proteïnstoffe .	1,19	„
Fett	1,48	„
Extraktivstoffe	1,83	„
Asche	0,32	„

Wir sehen, ihr Hauptbestandteil ist Wasser. Die Proteïnstoffe in ihr sind zumeist Leim, da ja die Eiweissstoffe in der Hitze coagulieren, und durch Abschäumen entfernt werden. Die Menge des Fettes ist natürlich auch nicht bedeutend. Wenn wir Suppen trotzdem gern geniessen, und ihnen erfahrungsgemäss eine das Nervensystem anregende Wirkung zukommt, so ist das nur den

Digitized by Google

Extraktivstoffen und auch ihrem Gehalt an Kalisalzen, von denen man eine ähnliche Wirkung annimmt, zuzuschreiben. Die Asche obiger Suppe bestand nämlich z. B. zur Hälfte aus Kali und zu einem Viertel aus Phosphorsäure. Der usuelle Zusatz von Kräutern zur Suppe dient natürlich nur zur Verbesserung ihres Geschmacks.

Von ganz anderer Wichtigkeit wie für Fleischspeisen ist nun das Kochen, Backen etc. für die dem Pflanzenreich entstammenden Nahrungsmittel. Abgesehen vom Obst sind die meisten zum rohen Verzehren viel zu hart; und ihr organisiertes Gewebe, dem sie ihren Zusammenhalt verdanken, muss erst durch das Kochen gelockert werden, bevor wir sie geniessen können.

Bei den Getreidearten, die ja unsere wichtigsten pflanzlichen Nährstoffe sind, muss zuvörderst durch Mahlvorrichtungen die feste Hülle entfernt werden, um das unter ihr liegende Mehl zu gewinnen. Diese feste Hülle bildet hernach den Hauptbestandteil der Kleie (siehe Seite 68). Aber selbst das Mehl ist für den Menschen als Nahrungsmittel kaum tauglich, indem die von ihren Zellwandungen umgebenen rohen Stärkekörner von seinen Verdauungssäften nur schwer angegriffen werden. Völlig verändert wird die Sachlage aber durch das Erhitzen des Mehles mit Wasser. In der Wärme, also beim Kochen mehlhaltiger Speisen, platzen (infolge der Ausdehnung der Körner) die Zellwandungen der Stärkekörner und die freigelegte Stärke geht jetzt in ihren kleisterartigen Zustand (siehe Seite 67) über, in welchem sie leichtverdaulich ist.

Dem gleichen Zwecke dient auch das Backen des Brotes, mit dem zugleich jene ausserordentliche Lockerung verbunden wird, welchem es seinen hohen Grad von Verdaulichkeit verdankt.

Rührt man Mehl mit Wasser an, so erhält man einen, infolge seines Gehaltes an Kleber, sehr zähen Teig. Kleber ist jener der Eiweissstoffe des Mehles benannt worden, welcher, wie schon der Name ausdrückt, seine Zähigkeit beim Anfeuchten bedingt.

Bäckt man einen solchen Teig ohne weiteres, so be-

Digitized by Google

kommt man eine harte Masse, etwa von der Beschaffenheit der Schiffszwiebacke. Lässt man ihn aber einige Zeit stehen, so ändert er sich allmählich. In ihn fallen aus der Luft erstens Hefezellen hinein, die den Zucker des Mehles vergären, worauf wir sogleich zurückkommen, und ausserdem auch Milchsäurebacillen (siehe Seite 56), die aus dem Zucker Milchsäure erzeugen.

Die Hefegärung, der auch alle geistigen Getränke — wir kommen sehr bald zu deren ausführlicher Besprechung — ihre Entstehung verdanken, verläuft in der Weise, dass Zucker in kohlensaures Gas und Spiritus zerlegt wird. Für den Spiritus haben die Chemiker noch einen zweiten Namen, nämlich Alkohol.

1 Molekül Zucker bestehend aus:	liefert	2 Moleküle Alkohol bestehend aus:	und	2 Moleküle Kohlensäure bestehend je aus:
6 Atomen Kohlenstoff		2 Atomen Kohlenstoff		1 Atom Kohlenstoff
12 „ Wasserstoff		6 „ Wasserstoff		2 Atomen Sauerstoff
6 „ Sauerstoff		1 Atom Sauerstoff		

oder abgekürzt geschrieben:

$$C_6 H_{12} O_6 = 2\ C_2 H_6 O + 2\ C O_2$$

1 Mol. Zucker. 2 Mol. Alkohol 2 Mol. Kohlensäure.

Ein Molekül Zucker zerfällt also durch Gärung in zwei Moleküle Alkohol und zwei Moleküle kohlensaures Gas.

Die zähe Beschaffenheit des Brotteiges hindert nun das sich in ihm durch Gärung seines Zuckergehaltes entwickelnde kohlensaure Gas am Entweichen und erfüllt so den ganzen Teig mit Blasen. Kommt er schliesslich in den Backofen, so verdampft in der Wärme auch der Alkohol, der durch die Gärung in ihm entstand, und dieses trägt ebenfalls zur Lockerung des Brotes bei. Die Hitze sprengt ausserdem die Zellen der feuchten Stärkekörnchen, die zugleich zu verkleistern beginnen.

An dem äusseren Umfange des Brotes wird aber die Temperatur, bis es die Beschaffenheit, welche wir als gar bezeichnen, angenommen hat, so hoch, dass die Stärke schon anfängt in Dextrin überzugehen. Nun haben wir ja schon besprochen (siehe Seite 71), dass Dextrin eine klebende Beschaffenheit hat, und so kleben an der Ober-

Digitized by Google

fläche des Brotes die Stärkekörnchen und sonstigen Bestandteile zu jener harten Kruste zusammen, als welche wir sie zu sehen gewöhnt sind.

Infolge des Stehens an der Luft wird also Brotteig durch Milchsäure sauer. Da dieses die am leichtesten wahrnehmbare Veränderung an ihm ist, heisst er in diesem Zustande Sauerteig.

Bis genügend Hefezellen und Bacillen aus der Luft in ihn hineinfallen, dauert natürlich ziemlich lange. Hat man aber erst einmal solchen Teig, und setzt man ihn einer anderen frisch bereiteten Portion zu, so erfolgt das durch Gärung zu bewirkende Aufgehen verhältnismässig rasch, da die Hefezellen und Bacillen sich bekanntlich enorm schnell vermehren. Deshalb bewahrt man von solchem Teig immer wieder etwas auf, um ihn dem nächsten zuzusetzen.

Der Geschmack des Sauerteigs überträgt sich weiter auf das Brot, und bäckt man heutzutage mit ihm fast nur noch das Schwarzbrot, das ihm seinen säuerlichen Geschmack verdankt, während man für die Gärung oder, wie das Publikum sagt, für das Aufgehen des Weizenbrotes lieber reine Hefe als solche verwendet, also die Säuerung des Teiges durch Milchsäure vermeidet. Die Hefe hierzu lieferten ehemals die Bierbrauereien als Nebenprodukt, doch heute wird sie als Presshefe in eigenen Fabriken hergestellt. Das nähere über diese Fabrikation können wir erst bei der Besprechung der gegorenen Getränke mitteilen, weil es noch eine Reihe von Vorkenntnissen zu seinem Verständnis erfordert.

Man kennt und benutzt als Ersatz der Hefe, um Teig aufgehen zu lassen, einige Mittel, deren Wirksamkeit auf ganz anderen Prinzipien beruht, und mit der Gärung des Teiges gar nichts zu thun hat.

Das Hirschhornsalz, welches das am meisten verwendete ist, und namentlich in der häuslichen Kuchenbäckerei diesem Zweck dient, ist, nach seinen Bestandteilen bezeichnet, kohlensaures Ammoniak. Kohlensäure ist ein

Digitized by Google

saures Gas und Ammoniak ist ein basisches Gas (siehe Seite 49), und wenn die Verbindung zwischen der Säure und der Base auch bei gewöhnlicher Temperatur sich als festes weisses Salz repräsentiert, so zerfällt sie doch in der Hitze des Backofens bereits wieder in ihre Bestandteile, und die beiden Gase treiben den Teig jetzt gemeinsam im Ofen während des Backens auf.

Manche Hausfrau bedient sich auch der Pottasche. Pottasche ist kohlensaures Kali (siehe Seite 44). Sie ist ein vollkommen feuerbeständiges Salz, kommt also durch die Wärme des Ofens nicht zur Geltung. Wohl aber entwickelt auch sie Kohlensäure, wenn der Teig, dem sie zugesetzt wird, gesäuert hat. Die Milchsäure ist nämlich stärker als die Kohlensäure, und so bildet sich einerseits milchsaures Kali, andererseits wird die Kohlensäure frei, und treibt als Gas den Teig auf. Da also selbst bei sehr reichlichem Zusatz an Pottasche allein die der Milchsäure entsprechende Menge von kohlensaurem Gas in Freiheit gesetzt wird, ist sie nur bei reichlich gesäuertem Teig von genügender Wirkung.

Die Überlegung lehrt, dass das durch Hefe veranlasste Aufgehen des Teiges durch die Zerstörung des Zuckers, mit welcher jede Gärung verbunden ist, einen Verlust an Nährstoff herbeiführt, dass dieser Verlust also bei jedem Brotbacken eintritt. Mit Hilfe von sogenannten Backpulvern hat man, wohl durch Liebig zuerst veranlasst, diesen Verlust zu vermeiden gesucht, indem man im Teig auf anderem Wege eine für seine Lockerung genügende Menge Kohlensäure entwickelt.

So beruht die Wirksamkeit des viel verwendeten Horsford-Liebigschen Backpulvers darauf, dass in ihm ein Gemenge von saurem phosphorsaurem Kalk und doppelt kohlensaurem Natron vorhanden ist. Wird es mit dem Teig verknetet, so wirken infolge der Feuchtigkeit desselben diese beiden Bestandteile so aufeinander, dass sich kohlensaures Gas entwickelt, und mit Beendigung des Knetens ist durch dieses der Teig zugleich so weit gelockert, dass er sofort gebacken werden kann.

Digitized by Google

Nun haben wir noch im Anschluss an das Backen des Brotes den Einfluss des Kochens auf die Kartoffeln zu besprechen.

Die rohen Kartoffeln sind infolge ihrer grossen Härte für uns ganz ungeniessbar. Ihre Festigkeit verdanken sie den die Stärkekörnchen einschliessenden Hüllen, die unter sich wieder ein zusammenhängendes Ganze, das Skelett der Kartoffel bilden. Dieses macht die Stärkekörner, wie wir das schon beim Mehl aus Getreidearten kennen lernten, beim Menschen fast unangreifbar für die Verdauungssäfte. Beim Kochen jedoch dehnen sich die Stärkekörnchen aus, sprengen die Hüllen, und gehen ihrerseits unter Wasseraufnahme in jenen halbverkleisterten Zustand über, in welchem die Verdauungssäfte des Darmes sie leicht in Zucker überzuführen vermögen (siehe Seite 53), worauf der Zucker als wasserlösliche Verbindung durch die Diffusion in die Blutbahn übergeht, und damit der Ernährung dienlich gemacht wird.

Nach dem bisher mitgeteilten können wir uns leicht selbst über den Einfluss des Kochens, Backens etc. auf alle hier nicht speziell besprochenen Nahrungsmittel klar werden, und damit dieses Thema verlassen.

Digitized by Google

V. Vortrag.

Menge der notwendigen Nahrungsmittel und Nährwert der wichtigsten. Die Gärung. Wein. Obstwein. Champagner. Meth. Kumys. Bier. Malz. Spiritus. Presshefe. Kornbranntwein. Kartoffelspiritus. Schlempe. Raffination des Spiritus. Absoluter Alkohol. Denaturierter Spiritus. Die Spirituosen.

Wir kommen jetzt zu der wichtigen Frage, wieviel muss der Mensch essen, um bei Kräften zu bleiben. Wir wissen bereits, dass er eine gemischte Kost geniessen soll, und zwar soll sie sich aus stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsmitteln zusammensetzen. Sie soll also aus Eiweissstoffen sowie Kohlenhydraten und Fett bestehen.

Von dieser Anschauung kann uns die mehr oder minder grosse Enthaltsamkeit der Vegetarier nicht abbringen. Diese müssen ihren ganzen Eiweissbedarf, da sie solchen tierischen Ursprungs durchaus verschmähen, aus Pflanzennahrung entnehmen. In dieser ist jedoch, wie wir aus den früher mitgeteilten Analysen (siehe Seite 67) ersehen, zumeist das Verhältnis ein insofern ungünstiges, als der Gehalt an Kohlenhydraten so sehr überwiegt, dass dem Körper bei weitem zu viel von letzteren als ganz unnötiger Ballast zugeführt wird, um ihm die notwendige Menge Eiweissstoffe bieten zu können. Dass man dabei bestehen kann, beweisen sie an sich selbst. Aber das Rückgreifen auf die Pflanzen fressenden Tiere, die, wie das Pferd oder der Elefant, bei reiner Pflanzenkost gewiss kräftig sind, ist unstatthaft, weil diesen die Natur zur besseren Ausnutzung der Kohlenhydrate den dazu nötigen viel längeren Darm (siehe Seite 53) gegeben hat. Auch haben viele Pflanzenfresser mehrere Magen und käuen ihre Nahrung wieder.

Digitized by Google

Während die Vegetarier sich nach ihrer Methode schliesslich ohne zu viele Mühe ernähren können, scheint eine reine Eiweissnahrung für den Menschen kaum erträglich zu sein. Das sehen wir an den schon öfters erwähnten Diabetikern (Zuckerkranken). Sie sollen eigentlich gar keine Kost pflanzlichen Ursprungs geniessen (siehe Seite 70), aber dieses längere Zeit durchzuführen, ist ihnen nicht möglich. Schon die sehr weit getriebene Entziehung Stärkemehl haltiger Nahrungsmittel also des Brotes, der Kartoffeln etc. ist für sie meist eine Quelle dauernden Unbehagens, wie es hundertfältige Erfahrung lehrt, und doch ist dies bisher das einzige Mittel, die schweren Folgen, die diese Krankheit sonst allmählich herbeiführt, hintanzuhalten.

Zahlreiche Untersuchungen, von denen wir einige speziell anführen, haben nun hinsichtlich der Menge dessen, was zur Ernährung eines Menschen täglich notwendig ist, nach Voit und Pettenkofer folgendes ergeben:

Ein kräftiger Arbeiter braucht bei der Arbeit pro Tag:

137 Gr. Eiweiss, 173 Gr. Fett und 352 Gr. Kohlenhydrate (Stärke oder Zucker).

Bei einem jungen Arzte wurden speziell folgende Zahlen ermittelt:

127 Gr. Eiweiss, 89 Gr. Fett und 362 Gr. Kohlenhydrate.

Und als Mittelwert rechnet man:

118,0 Gr. Eiweiss, 88,4 Gr. Fett und 392,3 Gr. Kohlenhydrate.

Diese Menge Eiweiss enspricht 18,3 Gramm Stickstoff und ist z. B. enthalten je in:

272	Gramm	Käse	2650	Gramm	Rahm
520	„	Erbsen	2905	„	Milch
538	„	magerem Fleisch	4575	„	Kartoffeln
796	„	Weizenmehl	4796	„	Speck
905	„	Eiern[1])	7625	„	Weisskohl
1430	„	Schwarzbrot	17000	„	Bier.
1868	„	Reis.			

1) Eine oft gehörte Frage ist die nach dem Verhältnis des Nährwertes zwischen Fleisch und Eiern, und da ergiebt sich als Durchschnitt, dass 18 bis 20 Eier und 1 Kilo Fleisch einander gleich gesetzt werden können.

Digitized by Google

An Kohlenstoff verbraucht der Mensch täglich 328 Gramm, die geliefert werden können von:

450	Gramm	Speck	2231	Gramm	Eiern
824	„	Weizenmehl	2620	„	magerem Fleisch
896	„	Reis	3124	„	Kartoffeln
919	„	Erbsen	4652	„	Milch
1160	„	Käse	9318	„	Weisskohl
1346	„	Schwarzbrot	13160	„	Bier.
1410	„	Rahm.			

Wägen wir uns die Menge des täglichen Bedarfs an Kohlenstoff, also 328 Gramm, etwa in Form von Holzkohle, in einer Schale ab, so staunen wir geradezu über die Grösse des Quantums, welches eher zur Anwärmung eines kleinen Ofens als zur 24 stündigen Heizung des Menschen, wenn der Ausdruck gestattet ist, bestimmt zu sein scheint. Es gehört die Verbrennung von viel mehr Kohlenstoff, als wir uns gewöhnlich vorstellen, dazu, um einen Körper von, sagen wir 70 Kilo, dauernd 37° warm und in Gang zu halten.

Wenn wir auch an dieser Stelle wieder vom menschlichen Körper, dem der aller höheren Tiergattungen darin ähnelt, als von einer Art Maschine sprechen, so wollen wir doch einen Grundunterschied nicht übersehen, nämlich den, dass im tierischen Organismus sich die Substanz aller Organe selbst am Stoffwechsel beteiligt, während das Material unserer Maschinen, sagen wir einer Lokomotive, während ihrer Leistung an sich ganz unverändert bleibt. Wir führten z. B. unsere Verdauungsversuche in Gläsern aus (Seite 52) und wiesen schon dort darauf hin, dass die Natur im Magen die ihm mit der Nahrung zugeführten Eiweissstoffe auflöst, obgleich die Wand des Magens selbst aus Eiweissstoffen besteht, die ihrerseits, wie alles im Körper fortwährend abgenutzt und fortwährend erneuert werden.

Sehen wir uns jetzt die oben mitgeteilten Zahlen näher an, so bestätigen sie die Erfahrungen des Lebens zumeist, während wir uns hinsichtlich einiger anderer enttäuscht finden. So gilt ein Gericht aus Erbsen und Speck für sehr nahrhaft, und unsere Tabelle zeigt, dass wir

Digitized by Google

wirklich von beiden zusammen nur sehr wenig brauchen, um unseren Tagesbedarf zu decken.

Wollten wir dies aber einmal mit Bier zu erreichen suchen, so sehen wir aus ihr, dass dessen Nährwert verhältnismässig sehr gering ist, da erst 17 Liter unsern Eiweissbedarf decken würden, während 13 Liter allerdings schon hinsichtlich unseres Kohlenstoffbedarfs genügen. Kurzum Bier kann wohl kaum als Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne betrachtet, sondern muss als nahrhaftes Genussmittel angesehen werden, indem bei einem regelmässigen täglichen Trinken von z. B. einem Liter desselben, etwa der siebzehnte Teil unseres Nahrungsbedürfnisses befriedigt wird.

Am vollkommensten mit von allen angeführten Nahrungsmitteln entspricht nun das Schwarzbrot (Roggenbrot) dem Nahrungsbedürfnis des Menschen, indem, wie wir sehen, rund ein und ein halb Kilo von ihm seinen gesamten Tagesbedarf decken können. Und das erklärt es uns, weshalb die Arbeiterbevölkerung, wenn sie sich auch scheinbar viel schlechter als die wohlhabenden Klassen, die z. B. regelmässig Fleisch essen, ernährt, trotzdem voll bei Kräften bleibt. Es lässt auch leicht einsehen, dass ein Arbeiter, infolge der andauernd geübten Muskelthätigkeit eine viel grössere physische Kraft als jene, hinsichtlich der Abwechslung in ihrer Ernährung, weit besser gestellten besitzen kann, weil diese infolge ihrer meist sitzenden Lebensweise fast auf jede Übung ihrer Muskelthätigkeit verzichten.

Die angeführten Zahlen stellen also die untere Grenze des zum Leben notwendigen für einen arbeitenden Menschen dar. Bleibt jemand noch unterhalb dieser, so muss er allmählich zu Grunde gehen; so viel müssen also selbst diejenigen geniessen, von denen man sagt, dass sie besonders wenig essen.

Im allgemeinen isst natürlich jeder Mensch viel mehr, zumal es ganz unmöglich ist, die theoretisch gefundenen Zahlen im Verhältnis zu einander immer einzuhalten, und thut darin, wie schon erwähnt, die Gewohnheit sehr viel. Aus dem Überschuss der Speisen entnimmt der Körper

Digitized by Google

das zu seiner Existenz nötige, während das überflüssige unverwertet wieder ausgeschieden wird.

Wenn wir sagten, dass man von $1^1/_2$ Kilogramm Roggenbrot täglich existieren kann, so ist das natürlich nur Theorie und zwar insofern, als niemand auf die Dauer nur Roggenbrot geniessen kann. Geniesst man es aber mit Butter oder Wurst und ähnlichem, und ersetzt einen Teil in täglicher Abwechselung durch andere Nahrungsmittel, geniesst warmen Kaffee etc. als Genussmittel, so gilt das von der Ernährung der Arbeiterbevölkerung gesagte in vollem Masse.

Wenn der Vortragende jetzt seine Meinung abgeben soll, welches Verhältnis von Eiweissstoffen zu Kohlenhydraten und Fett ihm im wirklichen Leben bei der täglichen Ernährung das passendste zu sein scheint, so ist er der Anschauung, dass wir hierfür die Natur als Lehrmeisterin betrachten sollen. Sie wird das richtigste Verhältnis zwischen diesen dreien, sowie es dem Körper am zuträglichsten ist, zu treffen gewusst haben.

Da nun Milch imstande ist, Neugeborene ein Jahr lang und länger ganz allein zu ernähren, wird das Verhältnis, in welchem wir Eiweissstoffe zu Fett plus Kohlenhydraten zu uns nehmen sollen, in ihr sehr gut ausgedrückt sein. In der Kuhmilch ist es so, dass auf 3,43 Prozent Eiweissstoffe 8,16 Prozent stickstofffreie Nährstoffe kommen, ist das Verhältnis also kurzweg wie 3,5 zu 8.

Die stickstofffreien Nährstoffe in ihr bestehen zu 4,84 Prozent aus Kohlenhydraten und 3,32 Prozent aus Fett, so dass das beste Verhältnis dieser beiden zu einander wie 5 zu $3^1/_2$ sein wird.

Ziehen wir nun noch einmal die Voit-Pettenkofferschen Zahlen heran, so kommen z. B. auf einen Tagesbedarf von 451 Gramm Kohlenhydrate dort nur 127 Gramm Eiweiss, während, wenn das Verhältnis wie in der Milch wäre, auf die 451 Gramm Kohlenhydrate 189 Gramm Eiweiss kommen müssten, was für Erwachsene etwas überreichlich wäre, wie wir gleich sehen werden.

Immerhin erklärt sich hieraus wohl die instinktive

Digitized by Google

Vorliebe der Menschen für eine reichliche, d. h. über den direkten Bedarf hinausgehende eiweissreiche Kost, also für Fleisch etc., welcher die Wohlhabenden gern nachkommen, während die ärmeren Kreise auf deren Befriedigung verzichten müssen.

Die Wichtigkeit reichlicher Eiweisskost, namentlich in Form von Fleisch, für das ganze Nervensystem, geht unter anderem auch aus der aggressiven Natur der Raubtiere gegenüber den weit kräftigeren aber trotzdem unendlich geduldigen Pflanzenfressern wie dem Elephant, dem Kamel, dem Rind hervor. Schwerlich würden auch wenige Engländer genügen, zweihundert Millionen Indier im Schach zu halten, wenn nicht die Beefsteak essenden Engländer an Energie des Willens und an Geist den Reis essenden Hindus so weit überlegen wären.

Hinzufügen müssen wir auch noch folgendes. Die Anschauung, dass die Milch das passendste Nahrungsgemisch für das ganze Leben sei, ist natürlich nur als ungefähr zutreffend, nur als ziemlich brauchbarer Massstab anzusehen. Bei dem starken Wachstum des Kindes im ersten Jahre ist für dieses nämlich viel Eiweisszufuhr nötig, während der Mangel an Bewegung wenig Kraftzufuhr in Form von Fett und Kohlenhydraten erfordert, zwei Faktoren, die sich im späteren Leben sehr ändern. Daher lehrt denn auch die Erfahrung, dass Erwachsene mit einer an Eiweiss ärmeren, an Kohlenhydraten und Fett reicheren Ernährung, als sie der Milch entspricht, auskommen können.

Wir wollen uns nunmehr mit den gegorenen Getränken beschäftigen.

Lässt man zuckerhaltige Flüssigkeiten, die nicht gar zu viel Zucker enthalten, an der Luft stehen, so beginnen sie allmählich aufzubrausen und nehmen mit der Zeit eine ganz veränderte Beschaffenheit an. In der Flüssigkeit hat sich ein Bodensatz gebildet, welcher den Namen Hefe führt, und ihre hervorstechendste Änderung ist die, dass sie nunmehr berauschend wirkt. Der Prozess selbst wird als Gärung und die erhaltene Flüssigkeit als gegorenes Getränk bezeichnet.

Digitized by Google

Sehr konzentrierte Zuckerlösungen unterliegen diesem Prozess nicht, ja solche haben geradezu konservierende Eigenschaften, von denen man beim Einmachen der Früchte Gebrauch macht.[1])

Alle Gärung wird, wie schon (siehe Seite 86) erwähnt, durch überall in der Luft vorhandene kleinste Lebewesen veranlasst. Dasjenige, welches speziell den Übergang von Zucker in Spiritus und Kohlensäure[2]) veranlasst, hat den Namen Saccharomyces cerevisiae erhalten.

Am leichtesten von allen Flüssigkeiten vergärt die, welche man durch Auspressen von Weintrauben gewinnt. Sie führt bekanntlich den Namen Most und enthält den direkt durch die Hefe vergärbaren Traubenzucker, sowie auch im übrigen alle Stoffe, welche die Hefe, die als Lebewesen in der Beziehung bestimmte Ansprüche, z. B. hinsichtlich anorganischer Salze (siehe Seite 80) stellt, zu ihrer Entwicklung braucht. Das entstehende Getränk ist der Wein.

Der Zuckergehalt wechselt bei den Weintrauben, wie wir schon nach den Geschmack beurteilen können, ausserordentlich, und dem entsprechend schliesslich auch der Alkoholgehalt, dessen Zunahme in dem aus ihnen gewonnenen Wein dadurch eine obere Grenze hat, dass, sobald er in einer gärenden Flüssigkeit etwa 16 Volumprozente erreicht, die Hefe abstirbt.

Nun finden wir aber Weine, wie die folgende Tabelle zeigt, deren Alkoholgehalt weit höher als der angegebene ist. Sie sind alsdann künstlich mit Spiritus versetzt, teils um sie haltbarer zu machen, teils um dem usuellen Geschmack, den das Publikum mit dem Namen gewisser Sorten verbindet, immer wieder zu genügen.

---

1) Zu bemerken ist, dass nicht alle Zucker direkt gärungsfähig sind, und zu den nicht direkt gärungsfähigen gehören der Rohrzucker und der Milchzucker. Diese gehen aber, wenn die Gärung durch neben ihnen vorhandene Substanzen eingeleitet ist, in der Flüssigkeit von selbst in vergärbaren Zucker über (siehe weiterhin).

2) Es handelt sich dabei nicht um eine rein chemische Reaktion, sondern um Vorgänge, die mit dem Lebensprozess der Hefe im Zusammenhang stehen, und so bilden sich neben diesen Hauptprodukten noch geringe Mengen anderer Körper.

Digitized by Google

	Alkohol	Freie Säure	Zucker
Schlesischer Wein	5,5 Volumproz.	0,80 Proz.	— Proz.
Markobrunner von 1882	7,17 „ „	0,78 „	— „
Liebfrauenmilch 1875	11,55 „ „	0,63 „	— „
Vöslauer Goldeck 1868	10,28 „ „	0,592 „	— „
St. Julien 1865	9,28 „ „	0,637 „	— „
Chablis 1862	9,30 „ „	0,494 „	— „
Malvasier	7,50 „ „	0,900 „	36,40 „
Samos	14,96 „ „	0,730 „	7,68 „
Tokayer Ausbruch	10,76 „ „	0,600 „	25,34 „
Tokayer Ausbruch II	14,84 „ „	0,620 „	8,20 „
Portwein	19,82 „ „	0,330 „	4,82 „
Madeira	19,12 „ „	0,480 „	3,46 „
Malaga	15,12 „ „	0,390 „	15,50 „
Sherry	21,22 „ „	0,480 „	2,04 „

Auch sehen wir aus der Tabelle, die wegen der vielen Weinsorten, mit denen wir in Berührung kommen, etwas umfangreicher zusammengestellt ist, dass jeder Wein ein wenig freie Säure enthält, sowie dass in Weinen, die aus zuckerreichen Trauben stammen, der Zucker aus dem oben angegebenen Grunde nicht gänzlich vergärt, während er aus zuckerärmeren vollständig verschwindet. Letztere sind daher die für Zuckerkranke geeigneten.

Was die sogenannte Blume des Weines anbetrifft, jenes feine Aroma, welches sich bei seinem Lagern immer mehr ausbildet, so lassen sich die chemischen Stoffe, die sie verursachen, noch nicht alle definieren, ein Teil von ihnen sind aber Ester organischer Säuren, eine Art von Verbindungen, deren Zusammensetzung ohne tiefere chemische Kenntnisse nicht mehr klar zu machen ist.

Man stellt auch Obstweine dar. Man erhält sie ebenfalls auf dem Wege, dass man die betreffende Obstsorte (Äpfel, Birnen) nach Art der Weintrauben auspresst und den so erhaltenen Most vergären lässt. Bei dem geringen Zuckergehalt dieser Moste wird aber der Wein sehr alkoholarm, und um ihn an diesem wesentlichsten Bestandteil reicher zu machen, setzt man der ausgepressten Flüssigkeit deshalb häufig Zucker zu, der dann mit vergärt. Dieser Zusatz ist bei Verwendung von Johannisbeeren und ähnlichen wenig süssen Früchten geradezu unerlässlich, wenn

Digitized by Google

überhaupt ein Getränk von erwähnenswertem Alkoholgehalt erhalten werden soll.

Ausser Wein wird aus dem Most auch in manchen Gegenden Champagner dargestellt, der seinen Namen natürlich von der Champagne her führt, wo er sicher seit Mitte vorigen Jahrhunderts[1]) fabriziert wird. Er wird so erhalten, dass man Most, nachdem die erste stürmische Gärung vorüber ist, in Flaschen, die fest verkorkt werden, füllt. Das bei der Nachgärung sich bildende kohlensaure Gas erzeugt, da es nicht entweichen kann, in diesen allmählich starken Druck. Da sich während der Zeit in den Flaschen noch mancherlei Verunreinigungen absetzen, hat man sie von vornherein auf den Kopf gestellt.

Öffnet hernach ein Arbeiter die mit dem Hals nach unten gehaltenen Flaschen, so werden mit dem ersten Anteil der herausgeschleuderten Flüssigkeit diese Verunreinigungen entfernt. Alsdann werden sie umgekehrt und mit dem sogenannten Liqueur wieder aufgefüllt, worauf bei langsamer Weitergärung sich neuerdings Kohlensäure in ihnen ansammelt, welche später nach dem Lösen des festen Verschlusses die Pfropfen mit lautem Knall herausschleudert.

Die Zusammensetzung des Liqueurs, der natürlich auf den schliesslichen Geschmack des fertigen Produkts von grösstem Einfluss ist, ist stets Geheimnis des betreffenden Fabrikanten.

Der starke Druck in den Flaschen zertrümmerte in älteren Zeiten bis zu einem Viertel von ihnen im Laufe der Fabrikation, während heute, infolge der zuverlässigeren Leistungen der Glasindustrie, nur noch etwa ein Prozent zerspringt. Wie man sieht, kann überall, wo Wein gewonnen wird, schliesslich auch Champagner fabriziert werden, aber das auf diesem Wege hergestellte Produkt wird wegen der Umständlichkeit der Fabrikation niemals

1) Der Ausdruck Sekt, den wir bei Shakespeare namentlich von Falstaff so oft angewendet finden, bedeutet dort Sherry-Wein. Erst Anfang des Jahrhunderts kam durch den Schauspieler Devrient Sekt als Bezeichnung für Champagner in die Mode.

Digitized by Google

sehr wohlfeil sein können, wie wir das an guten deutschen Marken sehen.

Wenn es trotzdem jetzt so ausserordentlich billige Schaumweine giebt, so ist das ein Getränk, das mit dem eigentlichen Champagner nur den Namen gemein hat, das aber auf andere Weise hergestellt ist. Zu seiner Fabrikation wird ein leichter Weisswein mit etwas Zucker, falls es nötig ist, gesüsst, und dann in ihn, ganz wie bei der Selterwasserfabrikation, Kohlensäure hineingepumpt, worauf der Champagner fertig ist.

Wenn man nun heute schon eine Flasche Selterwasser für wenige Pfennige erhält, so sieht man daraus, wie wenig das Hineinpressen von Kohlensäure, und damit das Überführen von Wein in Champagner nach dieser Methode kostet, wie billig er daher verkauft werden kann.

Während die Bewohner der Gegenden, in denen der Weinstock gedeiht, schon in den ältesten Zeiten den Wein gekannt haben, da seine Herstellung sich ihnen sozusagen von selbst aufdrängte, fanden die nördlicher wohnenden Völker andere Methoden, die ihnen alkoholhaltige Getränke lieferten, an denen die Menschen, wenn sie sie einmal kennen gelernt haben, dauernd zu hängen scheinen.

So kannte man in den Ländern nordwärts der Alpen, in welche der Weinstock erst mit den Eroberungen der Römer kam, den Meth seit Urzeiten. Auch seine Herstellung ist nicht schwierig. Der Bienenhonig, welcher ja sehr süss, also reich an Zucker ist, ist sein Ausgangsmaterial.

Bienenhonig selbst gärt wegen zu hoher Konzentration, also wegen seines zu hohen Zuckergehaltes nicht. Verdünnt man ihn aber mit Wasser, so veranlasst die aus der Luft hineinfallende Hefe die Gärung, und man erhält als berauschendes Getränk den Meth. Heute ist er so gut wie ganz vergessen; er schmeckt auch, wie man sich leicht überzeugen kann, nur wenig erfreulich.

Ebenso alt mag das Trinken von Kumys, das ist gegorene Stutenmilch, sein, das zumeist in Transkaspien üblich und nie weit über jene Gegenden hinausgekommen

Digitized by Google

ist. Das Getränk schmeckt gar nicht übel, wie Verfasser sich im Kaukasus zu überzeugen Gelegenheit hatte.

Da bei uns die Milch beim Stehen nicht durch die Hefe in ein berauschendes Getränk verwandelt, sondern durch den Milchsäurebacillus, indem dieser den Milchzucker in Milchsäure überführt, sauer wird (siehe Seite 56), müssen wir in Kürze seine Entstehung besprechen. Verdünnt man Milch mit etwa der zehnfachen Menge Wasser, und setzt bereits fertigen Kumys zu, so verwandelt der in diesem vorhandene Milchsäurebacillus einen Teil des Milchzuckers rasch in Milchsäure, und diese Säure wirkt jetzt auf den Rest des Milchzuckers so ein, dass er in einen durch Hefe vergärungsfähigen Zucker übergeht (siehe die Anmerkung Seite 96), worauf dann die wahre Gärung unter Bildung von Alkohol und Kohlensäure eintritt.

Nach dem gleichen Verfahren kann man Kuhmilch in ein berauschendes Getränk verwandeln, wie das auch mancher Orts in Europa sogar im Grossen versucht worden ist, aber der Geschmack des Getränks scheint Europäern auf die Dauer nicht zuzusagen, weshalb hier diese Fabrikation wieder aufgegeben werden musste.

Wo in Europa kein Wein mehr wächst, hat man im Laufe der Zeit statt Meth etc. Bier herzustellen gelernt, welches durch seinen Wohlgeschmack die letztbesprochenen Alkoholika so weit übertrifft, dass es sie jetzt überall verdrängt. Zum Verständnis der Bierbereitung müssen wir folgendes vorausschicken.

Wenn Samen der feuchten Erde übergeben werden, treiben sie sehr bald ein Würzelchen, und zugleich Blätter. Das Würzelchen ist aber nicht von vornherein imstande diese zu ernähren, und jetzt kommen die in den Samen aufbewahrten Reservevorräte an Stärkemehl (siehe Seite 66) und Eiweiss zur Geltung. Die Natur lässt nämlich zugleich mit der Keimung sich einen Stoff bilden, welcher das Stärkemehl in Zucker und Dextrin verwandelt, und lässt auch die Eiweisskörper löslich werden. Damit können denn diese löslich gewordenen Reservestoffe zur Ernährung

Digitized by Google

des Pflänzchens dienen, bis die Wurzel genügend erstarkt ist, um sie zu übernehmen.

Von allen Samenkörnern eignet sich erfahrungsgemäss die Gerste am besten zur Bierbereitung. Man kann aber auch Bier aus Weizen herstellen, solches ist das Berliner Weissbier etc. Da nun aus dem eben gehörten Grunde Gerstenbier das bei weitem verbreitetste ist, wollen wir im folgenden uns speziell mit ihm beschäftigen, indem die Gewinnung der anderen Biere damit zugleich so wie so klargelegt ist.

Zwecks der Bierbereitung feuchtet man die Gerste stark an, und bringt sie in einen nicht zu kalten Keller. Dort keimt sie jetzt ausserhalb der Erde. Sie treibt ihre Würzelchen, und es bildet sich in ihr jener Stoff, der die Stärke in Zucker zu verwandeln vermag, welchen man Diastase genannt hat. Auch stickstoffhaltige Stoffe, also Eiweissstoffe, werden gleichzeitig wasserlöslich.

Hat das Würzelchen die erfahrungsgemäss richtige Länge erreicht, so trocknet man die Gerste, und das so erhaltene Produkt heisst jetzt Malz. Besorgt man das Trocknen an einem luftigen Ort, so bekommt man Luftmalz. Die Mälzereien trocknen es aber jetzt zumeist auf Darren, das ist in stark erwärmten Räumen. Je höher die Temperatur, die hier angewendet wird, steigt, um so dunkler fällt schliesslich das Bier aus, indem sich immer mehr braune Substanzen im Malz bilden. Für sehr dunkle Biere röstet man sogar einen Teil von ihm nach Art des Kaffeebrennens in Trommeln (siehe Seite 71).

Das fertige Produkt wird, nachdem es geschrotet, d. h. etwas zerquetscht ist, in Bottichen mit etwa 50° bis 70° warmem Wasser übergossen. Bei dieser Temperatur geht nämlich der Übergang der Stärke in Zucker und Dextrin unter dem Einfluss der Diastase, welche sich doch während des Keimprozesses in der Gerste gebildet hat, am schnellsten vor sich. Es entsteht also aus dem Stärkemehl der Gerste Zucker, welcher hernach durch Gärung den Alkohol des Bieres liefert. Durch diesen als Maischprozess bezeichneten Vorgang erhält man die Würze somit

Digitized by Google

als eine stark zuckerhaltige Flüssigkeit, die jetzt nach dem Erkalten dem aus den Trauben gepressten Most entspricht. Während der Most direkt den gärungsfähigen Traubenzucker enthält, hat aber hier der Mensch erst künstlich den Stärkemehlgehalt der Gerste in gärungsfähigen Zucker verwandelt.

Wollte man die Würze ohne weiteres vergären lassen, so bekäme man ein ganz ungeniessbares Bier. Man weiss vielmehr seit Urzeiten, dass es nötig ist, in der Flüssigkeit etwas Bitteres zu kochen, um schliesslich ein angenehm schmeckendes Getränk zu erhalten. Dazu dient heutzutage überall der Hopfen, der seit dem neunten Jahrhundert schon am Rhein zu dem Zweck angebaut wird. Bevor aber die Kenntnis desselben nach Ostpreussen z. B. gelangte, bediente man sich hier an seiner Statt der Eichenrinde. Der mittelst dieser hervorgebrachte bittere Geschmack würde uns heute gewiss wenig zusagen.

Die Würze muss nach dem Kochen mit dem Hopfen so schnell wie möglich abgekühlt werden, was auf flachen Kühlschiffen heutzutage unter Zuhilfenahme maschineller Vorrichtungen geschieht. Denn es liegt die Gefahr vor, dass die Vergärung des Zuckers in falscher Richtung verläuft, und namentlich bei einer Temperatur zwischen 30° und 25° droht die von uns jetzt schon oft besprochene Milchsäuregärung einzutreten, womit natürlich das Bier sauer werden würde und verloren wäre. Schliesslich kommt die genügend abgekühlte Flüssigkeit in Kellern in grossen Bottichen zum richtigen Gären, indem man von einer früheren Bierbereitung herstammende Hefe ihr zusetzt.

Wollte man nämlich darauf warten, bis aus der Luft genügend Hefe hineinfällt, so würde der Prozess ein sehr langsamer und unzuverlässiger werden, während die zugesetzte Hefe sehr bald sich in der Flüssigkeit, die nach Art des Mostes alle zu ihrem Gedeihen nötigen Stoffe enthält, kräftig vermehrt, und den Übergang des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure bewirkt. Lässt man die Gärung bei einer Temperatur von 12° bis 15° vor sich gehen, so tritt neben der schnellen Alkoholbildung eine so stürmische Kohlensäureentwicklung ein, dass die

Digitized by Google

aufsteigenden Gasblasen die Hefezellen mit nach oben reissen. Man erhält obergäriges Bier, das nicht mehr sehr beliebt und auch wenig haltbar ist.

In der sogenannten Bayrischbierbrauerei lässt man die Gärung dagegen bei etwa 6^0 bis 8^0 verlaufen. Sie vollzieht sich hier viel langsamer, und die Hefe bleibt, da die Kohlensäuregasblasen nur sehr allmählich sich entwickeln und aufsteigen, als Schlamm am Boden der Bottiche liegen. Das erhaltene Bier ist untergärig, sehr viel haltbarer, und, wenn gut hergestellt, von so zusagendem Geschmack, dass sich bei dem Eroberungszuge durch die Welt, auf welchem es sich befindet, immer mehr Völker an seinen Genuss gewöhnen.

Damit es trinkbar sei, muss es auch ausser dem bitteren Geschmack noch im Gegensatz zu Wein und Spirituosen Kohlensäure enthalten, weil es ohne diese schal schmeckt, ungeniessbar ist. Um es mit der nötigen Menge von ihr zu versehen, bringt man es daher nach der Hauptgärung auf Fässer, in denen eine fortwährende, wenn auch sehr schwache Nachgärung stattfindet, und kurze Zeit, bevor es getrunken werden soll, spundet man diese zu. Die weitergehende Gärung sättigt jetzt das Bier, da die Kohlensäure aus dem verschlossenen Fasse nicht mehr entweichen kann, allmählich mit der genügenden Menge von ihr. Dem Gewichte nach ist diese recht gering, sie beträgt etwa zwei Zehntel Prozent, wie wir aus folgenden Analysen entnehmen, die die Durchschnittszusammensetzung von Bieren, wie sie aus einer sehr grossen Anzahl von Analysen berechnet ist, angiebt. Wir beschränken uns natürlich auf die Wiedergabe der wichtigsten Bestandteile.

	Wasser	Kohlensäure	Alkohol Gewichtsproz.	Zucker	Asche
Schenk- oder Winterbier	91,81 Proz.	0,228 Proz.	3,206 Proz.	0,442 Proz.	0,200 Proz.
Lager- oder Sommerbier	90,71 „	0,218 „	3,679 „	0,872 „	0,223 „
Porter	87,10 „	0,155 „	5,350 „	1,340 „	0,419 „
Weissbier	91,64 „	0,279 „	2,510 „	— „	0,163 „

Wie man sieht, wird der Genuss von einem halben Liter Bier pro Tag einem Zuckerkranken gestattet werden können.

Auch das neueste Erzeugnis der Gärungsindustrie

Digitized by Google

nämlich den Maltonwein wollen wir hier nicht unerwähnt lassen. Er wird so hergestellt, dass man die aus Malz in gewöhnlicher Art gewonnene Bierwürze statt mit Bierhefe mit ihr zugesetzter Weinhefe passend vergären lässt, wodurch sich ein geistiges Getränk bildet, dass nicht mehr wie Bier, sondern weinähnlich schmeckt, dem die Industrie den Namen Maltonwein gegeben hat.

Wir kommen nun zum Spiritus selbst und den aus ihm bereiteten Getränken.

Die berauschende Wirkung des Weines war seit Urzeiten bekannt, aber das berauschende Prinzip aus ihm abzuscheiden, gelang erst den Arabern im achten Jahrhundert, nachdem sie die Destillation[1]) (siehe Seite 25) erfunden

---

1) So einfach uns heute die Ausführung einer Destillation erscheint, so ist das Altertum trotz seines grossen Interesses an der Natur nie auf diese Trennungsmethode des Flüchtigen vom Nicht- oder weniger Flüchtigen gekommen. Die Alten begnügten sich, wie noch mancher heute, mit der Naturphilosophie, die nur durch spekulatives Denken alle Fragen zu beantworten sucht. Dieser Weg, die naturwissenschaftlichen Probleme zu lösen, muss nach den mehrtausendjährigen vergeblichen Versuchen wohl für ganz aussichtslos erklärt werden. Die eigentlichen Naturwissenschaften suchen die Antworten der Natur durch das Experiment abzuzwingen.

Dabei wusste man z. B. schon im Altertum, dass manche Substanzen ganz brauchbare neue Verbindungen auf dem Wege der Destillation, wie wir heute sagen, liefern. So erzählt Plinius, dass man, wenn man Terpentin, jenes Harz, welches aus vielen Bäumen durch Einschnitte gewonnen werden kann, mit Wasser koche, und über den Kessel wollene Decken hänge, nachher beim Ausdrücken dieser Decken ein Öl erhalte, welches vom Terpentinharz verschieden sei. Es muss für dieses Öl damals schon Verwendungen gegeben haben, da es, wie er mitteilt, ziemlich viel hergestellt wurde. Auf die Idee irgend einer Art der Destillation des Terpentinharzes, um so zu einem solchen Öl, unserem heutigen Terpentinöl, zu kommen, ist man also nicht verfallen, sondern bediente sich dauernd dieser unglaublich unvollkommenen Einrichtung.

Vielleicht ist es nicht uninteressant darauf hinzuweisen, dass noch heute also ca. 2000 Jahre später die Eingeborenen der Insel Formosa in ähnlicher Weise, wie es hier Plinius berichtet, den Kampher gewinnen. Sie kochen nämlich das Holz des Kampherbaumes mit Wasser in einem Kessel, auf den sie einen hohen

Digitized by Google

hatten. Geben wir in den Siedekolben des dort abgebildeten modernen Destillationsapparates Wein, und erhitzen ihn in diesem, so erhalten wir in der Vorlage ein angenehm erfrischend riechendes wasserhelles Destillat.

Die Araber bewunderten zuerst am meisten die Brennbarkeit dieses scheinbaren Wassers, und gaben ihm den Namen Alkohol. Dieses Destillat schien nach Auffassung der Europäer den Geist des Weines zu enthalten und ist deshalb später spiritus vini oder kurzweg Spiritus genannt worden. Der ausgekochte Rückstand, mit dem nichts anzufangen ist, erhielt den Namen Phlegma, und daher stammt das Schillersche Wort: zum Teufel ist der Spiritus, das Phlegma ist geblieben.

Wir haben hier gleich von vornherein zu bemerken, dass der Alkohol so wie im Wein, bei dem wir seine Anwesenheit soeben mit Hilfe der Destillation feststellten, auch in allen anderen von uns genossenen geistigen Getränken das wirksame also anregende und im Übermass genossen berauschendwirkende Prinzip ist. Den Nachweis, dass auch in sonstigen geistigen Getränken z. B. im Biere Spiritus vorhanden ist,

Figur 14.

Deckel, der von innen mit Reisig gefüllt ist, setzen. Mit dem Wasserdampf verflüchtigt sich der Kampher und bleibt, infolge der Abkühlung im Deckel, in Form von Kügelchen im Reisig in einer Ausbeute von etwa 3 Prozent des Holzes hängen. Seine vollständige Reinigung, bei der er das uns geläufige Aussehen annimmt, erfolgt erst in Europa.

Digitized by Google

wollen wir derart führen, dass wir zeigen, dass im Biere ein wie Alkohol sich verhaltender also sich beim Kochen verflüchtigender und brennbarer Körper vorhanden ist.

Zu dem Zwecke giessen wir den Inhalt einer Flasche Bier in einen Kochkolben, auf welchem wir mittelst eines Korkstopfens ein etwa ein und einen halben Meter langes Glasrohr aufsetzen (siehe Figur 14). Bringen wir jetzt das Bier in kräftiges Sieden, und halten gleichzeitig neben die obere Öffnung der Glasröhre ein brennendes Streichholz, so entzündet dieses die aufsteigenden und mit hoher Flamme weiterbrennenden Alkoholdämpfe. Diese Flamme erlischt natürlich sehr bald, da ja in dem verwendeten halben Liter Bier nur wenig Alkohol enthalten ist; immerhin haben wir ihn auf diesem Wege sozusagen direkt aus dem Biere herausbrennen lassen.

Hätten wir ihn nicht verbrannt, weil dieses die für unsere Vorlesung bequemste Form ihn im Biere nachzuweisen ist, sondern hätten ihn abdestilliert, so würden wir ihn natürlich als Flüssigkeit erhalten haben. Von dieser ist es dann für die Chemiker nicht schwer zu zeigen, dass sie mit dem aus Wein auf dem gleichen Wege erhaltenen Alkohol identisch ist.

Aus Wein wird noch heutzutage viel Spiritus aus metallenen Gefässen, deren Prinzip unserem Glasapparat Seite 25 entspricht, abdestilliert. Er dient jetzt namentlich zur Cognacfabrikation, und musste früher den ganzen Bedarf der Welt an Spiritus decken. Bier hat nie dem Zwecke der Spiritusgewinnung gedient. Man hat nämlich schon früh eine Methode herausgefunden, um aus Getreide Spiritus, den sogenannten Kornbranntwein, herzustellen, welche weit weniger umständlich als die Bierbrauerei ist.

Das Verfahren scheint um 1500 herum in Süddeutschland erfunden zu sein. Seine Ausführung ist in ihren Hauptzügen folgende:

Als Rohmaterial dient zumeist Roggen, den man aber nicht allein verarbeitet, sondern fast stets zusammen mit Gerste. Der Beginn der Fabrikation ist ganz dem der Bierbrauerei entsprechend, indem man nasse Gerste in

Digitized by Google

Kellern keimen lässt. Das so erhaltene Grünmalz wird in der Spiritusindustrie meist sogleich weiter verarbeitet, selten erst getrocknet, resp. gedarrt.

Die die Überführung der Stärke in Zucker und Dextrin bewirkende Diastase, welche sich doch beim Übergang der Gerste in Malz bildet (siehe Seite 101), kann nun weit mehr Stärke verzuckern, als im Malz selbst vorhanden ist. Übergiesst man daher den geschroteten und zur besseren Freilegung der Stärkekörner heutzutage gekochten Roggen mit Wasser von etwa 60°, und giebt solches Malz zu, so wird auch der ganze Stärkegehalt des Roggens mit in Zucker verwandelt.

Die auf diesem Wege erhaltene zuckerhaltige Flüssigkeit, deren Zuckergehalt also dem durch Diastase verwandelten Stärkegehalt des Roggens und der Gerste entstammt, welche wiederum (siehe Seite 101) mutatis mutandis dem Most aus Weintrauben entspricht, wird nun der Gärung unterworfen, und die hierzu nötige Hefe bereitet sich der Spiritusfabrikant immer selbst.

Diese Hefegewinnung ist vielerwärts mit der Erzeugung der sogenannten Presshefe verbunden, die heutzutage, wo sie so bequem zu haben ist, überall als Mittel zur Einleitung von Gärungen verwendet wird. Die Bäcker lassen mit ihr den Teig des Weizenbrotes also des Weissbrotes aufgehen (siehe Seite 87), in der Küche wird sie benutzt u. s. f. Sie hat die ehemalige Bierhefe, die von obergärigen Bieren (siehe Seite 102) abgenommen, durch ihren hohen Wassergehalt mehr einer grauen Flüssigkeit als der heutigen Presshefe ähnlich sah, und so manches Mal vom Hopfen her einen bitteren Geschmack hatte, völlig verdrängt.

Gewonnen wird die Presshefe auf nachstehende Weise. Die kräftige Gärung zur reichlichen Hefegewinnung für die Spiritusfabrikation lässt man obergärig verlaufen, indem man eine Würze, die man aus einem Teil Gerstenmalz und fünf Teilen geschrotetem Roggen bereitet hat, durch Hefezugabe bei einer Temperatur von nicht viel unter 30°, also bei einer für Gärungzwecke sehr hohen Temperatur, gären lässt. Die infolgedessen recht stürmische

Digitized by Google

Gärung liefert sehr viel neue Hefe, von der ein Teil für die Spiritusfabrikation verbraucht wird, ein Teil auf Presshefe verarbeitet wird. Zu deren Herstellung schöpft ein Arbeiter die oben schwimmenden Hefemassen auf ein Haarsieb, das in einem mit Wasser gefüllten Bottich schwimmt. Die Hefezellen fallen durch dieses hindurch und lagern sich allmählich auf dem Boden ab, während alle gröberen Teile auf dem Siebe liegen bleiben. Hat sich die Hefe möglichst abgelagert, so lässt man das Wasser aus dem Bottich ablaufen, giebt frisches hinauf, rührt durch, lässt wiederum die Hefe sich absetzen und reinigt sie auf diese Art, indem man die Prozedur einige Male wiederholt. Nachdem das letzte Wasser abgelaufen ist, bleibt sie schliesslich in Form eines Schlammes zurück, der an angefeuchteten Bildhauerthon erinnert, und wie man aus diesem durch Pressen das Wasser nicht wieder herausbringen kann, so wollte das Entwässern auch bei dem Hefeschlamm ursprünglich nicht gelingen.

Mit Hilfe eines Kunstgriffes erreichte man es aber doch, sie so weit trocken zu bringen, dass sie jene teigige Beschaffenheit annahm, in der wir sie zu sehen gewohnt sind. Man setzte ihr nämlich etwa 20 Prozent stark getrockneter Stärke zu, welche dann so viel Wasser aufsaugt, dass dadurch ein abpressbarer Brei entsteht. Stärke und Hefe wirken ja absolut nicht aufeinander, Hefe wirkt nur auf Zucker oder auf verzuckerte Stärke.

Seit einigen Jahren leitet man durch die in Gärung befindliche Maische Luft, da man gefunden hat, dass die bewirkte Durchlüftung das Wachstum der Hefe sehr begünstigt, und damit die Ausbeute an ihr verbessert. Auch sind Pressen konstruiert worden, mit Hilfe deren sie ohne Zuhilfenahme von Stärkemehl jetzt genügend entwässert werden kann. Daher kommt nunmehr auch stärkefreie Presshefe in den Handel.

Die auf dem vor der Besprechung der Presshefefabrikation angegebenen Wege aus dem Roggen, oder genauer ausgedrückt aus dem Stärkemehlgehalt des Roggens, mit Hilfe der Diastase des Malzes gewonnene zuckerhaltige

Digitized by Google

Flüssigkeit lässt man alsdann zwecks der Spiritusgewinnung durch Zusatz kräftiger Hefe recht rasch vergären. Auf die spezielle Art und Weise des Verfahrens hat auch hier, wie in der Zuckerindustrie, die Besteuerung des Branntweines den grössten Einfluss. Auch hier gestattet die den Steuerverhältnissen, welche in den verschiedenen Ländern sehr variieren, möglichst angepasste Art der Fabrikation den gewinnreicheren Betrieb (siehe Seite 76). Schliesslich wird das vergorene Material destilliert, und das Destillat, der Kornbranntwein, hat, ähnlich wie der Weinspiritus, einen angenehmen Geruch und Geschmack, so dass es ohne weiteres zur Fabrikation von Spirituosen aller Art dienen kann. Der Rückstand in der Destillierblase heisst Schlempe, auf die wir nachher zurückkommen müssen.

Seit den zwanziger Jahren des Jahrhunderts hat man gelernt auch aus Kartoffeln Spiritus zu bereiten.

Wenn auch Kartoffeln so gar nichts an sich haben, das an Geistiges erinnert, so wissen wir doch (siehe Seite 67), dass sie sehr stärkemehlhaltig sind, und können daraufhin leicht verstehen, dass sie durch Verzuckerung ihres Stärkegehalts und Vergärung dieses Zuckers Ausgangsmaterial der Spiritusfabrikation werden können.

Ja eine Betrachtung der Erntedurchschnittszahlen zeigt, dass man mit Hilfe von Kartoffeln viel mehr Spiritus aus einem Stück Feld gewinnen kann, als wenn man es mit Roggen bebaut. Roggen liefert durchschnittlich pro Hektar eine Ernte von etwa 1600 Kilogramm, die, da sie etwa 65 Prozent Stärke enthalten, 1040 Kilo Stärke entsprechen. Von einem Hektar erntet man aber durchschnittlich 16000 Kilogramm Kartoffeln, und wenn deren Stärkegehalt auch durchschnittlich nur etwa 18 Prozent beträgt, so entspricht das doch 2880 Kilogramm Stärkemehl.

So ist denn die Spiritusfabrikation aus Kartoffeln namentlich in den ostelbischen Teilen Deutschlands, wo es so viel für den Kartoffelbau geeigneten Boden giebt, nachdem man sie einmal kennen gelernt hatte, zu sehr hoher Blüte gelangt. Sie hat viele Jahre den Reichtum dieser Provinzen in hohem Grade mehren helfen, leidet

Digitized by Google

aber heute, wie zahlreiche andere Fabrikationen, an Überproduktion und dadurch herbeigeführtem ausserordentlichem Preisdruck des fertigen Produkts.

Wir wissen, dass die Stärkekörner der Kartoffeln in Hüllen eingeschlossen sind (siehe Seite 89), und um ihre Freilegung zu erreichen, hat man sie von immerher für die Gewinnung von Spiritus gekocht. Jedoch hat die Praxis der Jahre gezeigt, dass es nicht gelingt, auf diesem einfachen Wege alle Stärkekörnchen so freizulegen, dass sie der Verzuckerung durch die Diastase des Malzes zugänglich werden. Dieser für die schliessliche Ausbeute an Spiritus wichtigsten Anforderung hat man dann in der Weise genügt, dass man die Kartoffeln nicht mehr in offenen, sondern in geschlossenen Gefässen kocht.

Erhitzt man Wasser in einem geschlossenen Kessel, also in einem Dampfkessel wie wir sagen, so wird es in ihm schwerer als in einem offenen Gefäss kochen. So wie wir sahen, dass es, wenn man die Luft aus einem Gefäss entfernt (siehe Seite 75), weit unter 100° Celsius seinem Siedepunkt bei dem gewöhnlichen Luftdruck kocht, so wird hier der Siedepunkt durch den Wasserdampf selbst, der nicht aus dem Gefäss heraus kann, und deshalb auf das Wasser drückt, erhöht werden. So kocht Wasser, wenn der Überdruck das vierfache des gewöhnlichen Luftdrucks, oder wie man sagt vier Atmosphären beträgt, erst bei etwa 150° Celsius, und bis auf diese Temperatur und damit bis auf diesen Druck pflegt man die Kartoffeln in dem sogenannten Dämpfer zu erhitzen. Selbstverständlich hat dann auch dasjenige Wasser, welches durch den Kochprozess in sie eingedrungen ist, ebenfalls die Temperatur von 150°. Ist das erreicht, so wird plötzlich ein Ventil am Boden des Gefässes geöffnet, und sein Inhalt, also die mit Wasser auf 150° erhitzten Kartoffeln, werden infolgedessen in einen passend gestellten Bottich geschleudert werden. Jetzt ist der Überdruck von ihnen genommen, und das um 50° zu heisse Wasser, und zwar auch das innerhalb der einzelnen Zellen der Kartoffeln befindliche, geht ausserordentlich heftig in Dampf über, indem es seine ganze Überhitze zu fast explosionsartig heftiger

Digitized by Google

Dampfbildung verwenden muss. Damit tritt dann Zerreissung aller Zellen ein, und die Stärkekörnchen sind jetzt so freigelegt, dass sie nunmehr alle von der Diastase verzuckert werden können.

Denn auch hier wird wieder so verfahren, dass durch Zugabe von Gerstenmalz zum mit Wasser angerührten warmen Kartoffelbrei, wie in der Kornbrennerei, die Verzuckerung der Stärke bewirkt wird. Die jetzt zuckerhaltige Lösung, die auch hier, wie wir zum letzten Male zu wiederholen haben, ungefähr dem Most aus Weintrauben entspricht, wird sodann in der uns schon bekannten Weise durch Hefe vergoren.

Die schliessliche Destillation der vergorenen Flüssigkeit liefert den Spiritus, und als Rückstand ebenfalls Schlempe.

Die Schlempe sowohl der Kornbranntweinbrennerei als auch der Kartoffelspiritusfabrikation ist ein ausgezeichnetes Viehfutter, denn die einfache Überlegung lehrt ja, dass von dem Rohmaterial, also dem Getreide oder den Kartoffeln, nur die Stärke in Form von Spiritus verbraucht ist, während dessen stickstoffhaltigen Bestandteile, die Eiweissstoffe, in der Schlempe als solche vorhanden sein müssen. Sie sind aber, wie wir ja wissen, ein ausgezeichnetes Nährmittel, und so ermöglicht die Spiritusbrennerei der Landwirtschaft die Haltung eines grösseren Viehstapels als ohne sie auf den betreffenden Gütern möglich sein würde, und wirkt auch in dieser Richtung fördernd. Die eiweissreiche Schlempe bildet hier gerade eine vorzügliche Ergänzung des doch durchschnittlich an Eiweissstoffen verhältnismässig armen an Stärke so reichen Viehfutters.

Der Spiritus, wie ihn die Kartoffelbrennerei liefert, enthält aber im Gegensatz zu dem aus Wein oder aus Korn destillierten so viele schädliche Beimengungen, dass er ohne weiteres gar keine Verwendung finden kann. Das aus Wein oder Korn gewonnene Destillat dient direkt zur Fabrikation von Schnaps nebst all dessen Unterarten, da es einen reinen Geruch und Geschmack hat, während der

Digitized by Google

rohe Kartoffelspiritus erst in den Spiritusraffinerien gereinigt werden muss, um überhaupt als Trinkbranntwein verwendet werden zu können. Bei der Gärung der Kartoffelmaische bildet sich nämlich nicht nur der gewöhnliche Spiritus nebst Kohlensäure aus dem Zucker, sondern neben ihm entstehen eine Reihe anderer Körper[1]), die die Chemiker auch zu den Alkoholen zählen, die aber in ihrer Wirkung auf den menschlichen Körper sehr vom gewöhnlichen Alkohol abweichen. In der chemischen Nomenklatur gehören sie meist zu den Amylalkoholen, das Publikum bezeichnet sie alle mit dem Gesamtbegriff Fuselöl, und sie wirken auf den Körper geradezu als Gifte; schon ihr Geruch hat etwas Erstickendes, sehr bald zum Husten Reizendes.

Daher muss ihre Ausscheidung aus dem Rohspiritus bewirkt werden, was etwa in folgender Art geschieht.

Der rohe Kartoffelspiritus pflegt 80 Prozent Alkohol und 20 Prozent Wasser zu enthalten, und in ihm ist das Fuselöl aufgelöst. Verdünnt man ihn aber durch Wasserzusatz auf 50 Prozent Alkoholgehalt, so trübt er sich, indem das Fuselöl in so schwachem Spiritus nicht mehr recht löslich ist, und sich daher in feinen Tröpfchen abscheidet. Den fünfzigprozentigen Spiritus filtriert man sodann über Holzkohle, an der die feinen Tröpfchen hängen bleiben. Zugleich wirkt diese, wie wir wissen (siehe Seite 41), wie alle Kohle, zurückhaltend auf die Farbstoffe, schlechten Gerüche etc.

Der filtrierte fünfzigprozentige Spiritus wird nun in besonderen Apparaten auf einen Gehalt von 96 Prozent Alkohol gebracht, und zwar nach folgendem Prinzip.

Wir erinnern uns, dass wir den Alkohol des Bieres direkt anzuzünden vermochten, nachdem wir auf dem Kolben mit dem siedenden Bier ein langes Glasrohr befestigt hatten (siehe Seite 105). Das lange Rohr, das wir, ohne den Grund seiner Länge anzugeben, — wodurch wir nur die Klarheit des Versuchs damals beeinträchtigt hätten, — verwendet

1) Wir haben in der Anmerkung auf Seite 96 schon darüber gesprochen und siehe deshalb dort.

Digitized by Google

haben, war durchaus nötig, denn in ihm vollzog sich erst die Scheidung des Alkoholdampfes vom Wasserdampf.

Hätten wir den Alkohol direkt am Halse des Kolbens anzuzünden versucht, es wäre uns nie geglückt, denn hier war dem Alkoholdampf noch so viel Wasserdampf beigemischt, dass er nicht hätte brennen können. In dem langen Rohre jedoch fielen die verhältnismässig schweren Wasserdämpfe mehr zurück als die leichteren Alkoholdämpfe, und hierdurch wurde eine Scheidung der beiden bewirkt. Infolgedessen entströmten die letzteren in ziemlicher Reinheit der Öffnung des Glasrohrs und konnten hier hoch oben angezündet werden.

Nach dem gleichen Prinzipe macht man nun allen Spiritus möglichst hochprozentig, um ihn billig verfrachten zu können, indem man auf der Destillierblase einen hohen als Kolonne bezeichneten Aufsatz anbringt. In dieser Kolonne fallen also die Wasserdämpfe meist wieder zurück, so dass fast nur die Alkoholdämpfe in die Vorlage gelangen. Über 96prozentigen Spiritus kommt man aber auf diesem Wege nicht hinaus, die letzten vier Prozent Wasser hält er chemisch gebunden.

Die Darstellung von 100prozentigem, also ganz wasserfreiem Alkohol, ist überhaupt erst seit etwa 100 Jahren gelungen. Sie wird dadurch erreicht, dass man in 96prozentigen Spiritus gebrannten Kalk giebt. Der gebrannte Kalk löscht sich dann auf Kosten des Wassergehalts des Spiritus, und hält dieses jetzt chemisch gebunden. Destilliert man nun wiederum den auf diesem Wege seines Wassers beraubten Spiritus, so erhält man den absoluten Alkohol, wie man den 100prozentigen benennt.

Wir wollen hier gleich auch den denaturierten Spiritus erwähnen. Spiritus und die spirituösen Getränke sind, da sie unter den Begriff der Genussmittel fallen, von je her ein beliebtes Steuerobjekt der Staaten gewesen, was wir schon kurz erwähnt haben.

Andererseits ermöglicht aber die Spiritusfabrikation dem Landmann einen Verdienst am Spiritus als solchen, und infolge der Schlempe, wie wir wissen, eine reichliche

Digitized by Google

Viehhaltung. Der Staat hat also gar kein Interesse, die in dieser Beziehung für das Land so günstige Spiritusfabrikation einzuschränken, wenn er nur für den Trinkbranntwein seine Steuer bekommt, die er zugleich so hoch ansetzen kann, dass dadurch der Trunksucht ein Hemmschuh angelegt wird. Weshalb soll er z. B. Brennspiritus besteuern? besteuert er doch auch Brennholz und Kohle nicht.

Nur muss ein Mittel gefunden werden, welches den Staat davor sichert, dass Brennspiritus und solcher, der in anderen Betrieben gewerbliche Verwendung findet, heimlich zum Trinken benutzt wird. Der Spiritus muss seiner Natur als Trinkbranntwein beraubt, er muss denaturiert werden.

Und dies wird durch Zusätze erreicht, die ohne Beeinträchtigung der Brennbarkeit etc., durch Geruch und Geschmack ihn untrinkbar machen, und die ohne genauere Kenntnisse der Verhältnisse und Apparate, also von Nichtchemikern, nicht aus ihm wieder entfernt werden können.

Gesetzlich vorgeschrieben für die Denaturierung des Trinkbranntweins sind bei uns die sogenannten Pyridinbasen.

Bei der Leuchtgasherstellung entsteht, wie wir wissen, nebenbei Ammoniak, welches doch eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff ist, und Teer. In diesem Teer finden sich nun stickstoffhaltige Körper, die chemisch als Abkömmlinge des Ammoniaks definiert werden können, und wie dieses ausgesprochene und zum Teil sehr unangenehme Gerüche haben. Bei der Teerdestillation, auf die wir später eingehen werden, kann man auch sie gewinnen, und ein Teil von ihnen sind jene zum Denaturieren verwendeten Pyridinbasen, die also, wie ihr Name besagt, einer Körperklasse angehören, die sich mit Säuren zu Salzen zu vereinigen vermag (siehe Seite 48).

Die Verarbeitung des reinen Spiritus zu Liqueuren (Schnaps) ist nicht gerade schwierig.

Die Verkaufsstellen des Produkts nennen sich noch heute meist Destillationen. Diese Bezeichnung stammt aus jener Zeit, wo die Gewinnung des Kornbranntweins noch

Digitized by Google

von den Inhabern der Verkaufsstellen persönlich als Kleingewerbe betrieben wurde, während sie jetzt ja nur Kaufläden sind. Heute werden die Liqueure sehr bequem auf kaltem Wege dargestellt, indem man den Spiritus, den die Grossindustrie liefert, dem verlangten Geschmacke entsprechend verdünnt, und den nötigen Zucker nebst irgend einer Fruchtessenz zugiebt, die von chemischen Fabriken aus diesen Früchten extrahiert und in den Handel gebracht werden. Man kann solche Fruchtäther jetzt aber auch künstlich, also ohne Benutzung von Früchten, auf rein chemischem Wege herstellen, und diese verdrängen immer mehr die dem Pflanzenreich entstammenden Produkte.

Manche Liqueure werden auch so dargestellt, dass man den Spiritus mit geeigneten Pflanzenblüten, deren Geschmack er zeigen soll, längere Zeit stehen lässt und hernach abzapft, worauf er ihren Geruch und Geschmack angenommen hat etc.

Anders verhält es sich mit dem Cognac, Arrak und Rum. Diese drei werden durch direkte Destillation aus vergorenen Flüssigkeiten gewonnen. Sie verdanken ihren Geschmack nur den mit ihnen bei der Destillation zugleich sich verflüchtigenden Stoffen. „Sie stellen also sozusagen einen Rohspiritus von sehr angenehmem Geschmack dar.“ Der Cognac wird aus Wein destilliert, und erhält seine Farbe dadurch, dass er in Eichenfässern lagert, aus denen er mit der Zeit einen gelben Farbstoff auszieht. Der Arrak wird in Indien hauptsächlich durch Destillation von vergorenem Reis bereitet. Die Verarbeitung des Reis zu einem geistigen Getränk entspricht natürlich in ihren Grundzügen unserer Kornbranntweinbrennerei aus Roggen, indem in jenen Gegenden an Stelle von Roggen Reis verwendet wird, dessen Stärkemehl also in Zucker übergeführt wird, welcher durch Gärung den Alkohol liefert. Der Rum wird namentlich auf den Antillen aus vergorener Rohrzuckermelasse (siehe Seite 76) erzeugt.

Da alle drei, wie aus der Art ihrer Gewinnung folgt, als destillierte Flüssigkeiten zuckerfrei sein müssen, da ja Zucker nicht mit überdestilliert, können sie von

Digitized by Google

Zuckerkranken im Gegensatz zu den Liqueuren ohne Nachteil genossen werden.

Nun noch die Angabe der wichtigsten Analysenzahlen hinsichtlich der Zusammensetzung einiger häufiger genossenen Spirituosen:

	Alkohol		Zucker	
Cognac	53,82	Volumprozente	—	Prozent.
Arrak	60,74	„ „	—	„
Rum	77,62	„ „	—	„
Kümmelliqueur	33,90	„ „	31,18	„
Benediktiner . .	46,20	„ „	32,57	„

Wir wollen hier zum Schluss noch die Frage erörtern, wie es eigentlich mit dem Nährwert des Alkohols, über den wir bisher weggegangen sind, steht. Wir haben denselben in den vorausgehenden Auseinandersetzungen im Anschluss an alle massgebenden Autoren gleich Null gesetzt.

Dabei müssen wir uns doch aber sagen, dass, wenn Stärke und Zucker Nahrungsmittel sind, weil ihr Kohlenstoff vom Körper schliesslich zu Kohlensäure verbrannt wird, dann gewiss der Alkohol, welcher doch ein Zwischenglied zwischen Zucker (resp. Stärke) und Kohlensäure ist, auch vom Körper wird schliesslich völlig verbrannt werden. Ja wegen seiner einfacheren chemischen Zusammensetzung sollte er nicht nur leichter als Zucker, sondern sicher auch leichter als das doch ebenfalls nur zum Verbrennen bestimmte, aber weit komplizierter zusammengesetzte, Körperfett oxydiert werden, so dass sein Genuss zum mindesten eine Ersparnis im Verbrauch an diesem herbeiführen sollte. Trotz dieser recht nahe liegenden Annahmen ist also, wie zahlreiche Versuche ergeben haben, seine Bedeutung als Nahrungsmittel für Gesunde sehr gering.

Dagegen lehrt die Erfahrung, dass im Krankheitszustande das Verhältnis ein ganz anderes sein kann. Den Kräfteverfall bei Kranken, die sonstige Nahrungsmittel kaum aufnehmen wollen, kann man häufig, wie der Augenschein auch dem Laien beweist, mit Hilfe von Wein oder Champagner, deren Genuss ihnen zumeist angenehm ist,

Digitized by Google

sehr wohl hintanhalten. Dies lässt sich nur so erklären, dass im geschwächten Körper der Kranken, welcher Kohlenhydrate, Fette und Eiweissstoffe nur noch schwer zu verwerten vermag, der viel leichter als diese Stoffe oxydierbare Alkohol die Wärme und lebendige Kraft erhält, weil seine Oxydation selbst in diesem Schwächezustand noch nicht allzu schwierig vor sich geht.

Alkohol ist also kein Nahrungsmittel für den gesunden Körper, sondern er regt nur das Nervensystem an, bezw. auf. Deshalb ist es ganz verkehrt, Kindern bis gegen ihr vierzehntes Jahr Alkohol in irgend welcher Form, sei es auch in der theuersten, also als guten Wein, zu geben. Berühmte Ärzte behaupten geradezu, die so weit verbreitete Nervosität der besseren Klassen beruhe häufig auf der Nervenzerrüttung durch Alkohol in jugendlichem Alter, zu der die Eltern im missverstandenen Interesse ihrer Kinder den Grund gelegt haben, indem sie sie durch Wein oder Bier besonders zu kräftigen gedachten.

Digitized by Google

VI. Vortrag.

Weinessig. Essigsprit. Holzessig. Eisessig. Holzgeist. Aceton. — Schiesspulver. Griechisches Feuer. Knallquecksilber. Schiessbaumwolle. Dynamit. Kollodium. Sprenggelatine. Cordit. — Wolle. Baumwolle. Seide. Kunstwolle. Karbonisieren.

Wir kommen nunmehr zum Essig.

Die Erfahrung lehrt, dass Wein oder Bier, also alkoholische Flüssigkeiten, wenn sie einige Zeit an der Luft gestanden haben, sauer werden. Sie haben ihre berauschenden Eigenschaften verloren, und schmecken jetzt so scharf, dass sie an und für sich untrinkbar sind. Die neuen Flüssigkeiten dienen aber als Zusatz zu Speisen, denen sie einen angenehm säuerlichen Geschmack erteilen.

Bei der Säuerung von alkoholhaltigen Flüssigkeiten geht der Alkohol in Essigsäure über, und die entstandene Flüssigkeit nennen wir Essig. Wie wir gesehen haben, verwandelt sich der Saft der Weintrauben ausserordentlich leicht in Wein, und kaum viel schwerer kann man diesen in sogenannten Weinessig überführen, der daher ebenfalls seit Urzeiten bekannt ist. Der Übergang des Alkohols in Essigsäure beruht auf einer Oxydation, also einer Sauerstoffzufuhr, und im Laboratorium kann man leicht vermittelst Oxydationsmittel den Alkohol in Essig überführen. Der gewöhnliche Luftsauerstoff wirkt aber erst in Gegenwart eines Pilzes, der den Namen Mycoderma aceti erhalten hat, ein. Dieser findet sich, wie so viele derartigen kleinen Lebewesen, überall in der Luft, und wird namentlich da wirksam, wo bereits etwas Essig vorhanden ist.

So ist denn die Darstellung von Weinessig bis auf den heutigen Tag folgende. Man bringt in einen Bottich aus Eichenholz siedenden Essig, um ihn gut mit diesem zu tränken, und füllt ihn sodann etwa zwei Drittel voll mit Wein. In dieser Höhe des Fasses befindet sich eine

Digitized by Google

Reihe von Löchern, die den Luftzutritt zur Oberfläche der Flüssigkeit erleichtern. Nach etwa 14 Tagen ist sie völlig in Essig übergegangen; jetzt zieht man die Hälfte von ihr als Verkaufsessig ab, ersetzt diese durch neuen Wein, und kann so jahrelang fortfahren, bevor es nötig wird, das Fass zu reinigen.

Bedingung ist, dass der Wein nicht mehr als etwa 10 Prozent Alkohol enthalte, sonst säuert er nicht ordentlich. Stärkere Weine müssen also mit Wasser verdünnt werden.

In gleicher Art kann man Obstweine verarbeiten, und ebenso Bier. Fertiges Bier so verarbeitet giebt natürlich einen Essig mit bitterem Beigeschmack, herrührend vom Hopfenbitter, das ja bei diesem Verfahren nicht entfernt wird. In alten Zeiten hat man deshalb auch wohl Bier ohne Hopfenzusatz bereitet, welches also als solches nicht trinkbar ist (siehe Seite 102), und hernach gleich auf Essig verarbeitet.

Da es sich bei der Essigfabrikation nur um Oxydation von Alkohol handelt, kann jeder, also auch der aus Getreide oder Kartoffeln gewonnene Handelsspiritus zur Bereitung von Essig dienen, und auf diesem Wege wird der Essig heute grösstenteils hergestellt. Der Handelsspiritus wird soweit verdünnt, dass er nur noch 10 Prozent Alkohol etwa enthält. Man kann ihn dann nach Art des Weines in Essig überführen, der Erfolg ist aber ein sehr geringer; so leicht Wein hierbei säuert, so schwer geht es mit dem verdünnten Spiritus.

Er wird deshalb nach einem etwas anderen Verfahren verarbeitet, welches seit den zwanziger Jahren des Jahrhunderts Anwendung findet. Es führt den Namen Schnellessigfabrikation.

Man füllt zu seiner Ausführung einen hohen Bottich, der einen falschen Boden hat, mit Buchenholzspänen, die sich als die geeignetsten erwiesen haben, und lässt auf diese, die zuerst mit Essig gut getränkt waren, von oben den verdünnten Spiritus langsam tröpfeln. Der Bottich hat in den Seiten reichlich Löcher, die alle so gebohrt sind, dass wohl Luft durch sie ein- aber Flüssigkeit nicht

Digitized by Google

austreten kann. Diese oxydiert nunmehr den eine sehr grosse Oberfläche darbietenden Alkohol zu Essigsäure, und unter dem falschen Boden sammelt sich eine essigsäurehaltige Flüssigkeit, die drei- bis viermal ein solches Fass passieren muss, bis der Alkohol oxydiert und vollständig in Essig übergegangen ist.

Der stärkste nach dieser Methode erhaltbare Essig heisst Essigsprit. Analysen ergaben z. B. für:

Essigsprit	10,30	Prozent Essigsäure
Weinessig	5,37	„ „
Weisser gewöhnlicher Essig	4,63	„ „
Brauner „ „	3,53	„ „

Der angeführte braune Essig könnte seine Farbe daher haben, dass er aus ungehopftem Bier oder vielleicht Rotwein bereitet ist, jetzt verdankt er aber die Färbung zumeist dem Zusatz von ein wenig Zuckercouleur (siehe Seite 71).

Nun wird heutzutage auch Essigessenz verkauft, die 25 bis 50 Prozent Essigsäure enthält, und erst durch entsprechende Verdünnung den im Haushalt gebräuchlichen Essig liefert. Sie kann natürlich nach dem bisher besprochenen Verfahren überhaupt nicht gewonnen sein, da es ja für mehr als zehnprozentigen Alkohol und der diesem entsprechenden Essigsäuremenge gar nicht verwendbar ist.

Und sie stammt auch wirklich ganz wo anders her. Sie wird nämlich bei der trockenen Destillation des Holzes mit gewonnen. Die von uns so ausführlich besprochene trockene Destillation der Steinkohlen (das ist also die Fabrikation des Leuchtgases) liefert doch hauptsächlich Gas, eine wässrige Flüssigkeit (Ammoniakwasser) und Teer. Die entsprechenden Produkte liefert bei der trockenen Destillation auch das Holz. Nur ist Holzgas gegenüber dem Steinkohlengas nicht konkurrenzfähig und findet deshalb kaum Anwendung. Der Holzteer findet hauptsächlich als Anstrichmittel für Flussschiffe und Holzzäune Verwendung und die wässrige Flüssigkeit ist, im Gegen-

Digitized by Google

satz zum basischen Ammoniakwasser, sauer. Sie ist es aber grade, zu deren Gewinnung die trockne Destillation des Holzes im allergrössten Massstabe betrieben wird. Sie enthält nämlich die im Verhältnis zu billigem Holz recht wertvolle Essigsäure gemischt mit einer sehr grossen Reihe anderer Substanzen, die zum Teil wie diese rohe Essigsäure, die Holzessig benannt wird, im praktischen Leben Verwendung findet.

So wird aus ihr ausser dem Essig auch der Holzgeist gewonnen. Dieser ist in chemischer Beziehung der einfachste Alkohol (siehe Seite 86), den es geben kann. Auch er ist wie die Fuselalkohole untrinkbar, und er dient in England zum Denaturieren des Spiritus (siehe Seite 114). Ein anderer Bestandteil des rohen Holzessigs ist das Aceton, eine ebenfalls wasserhelle Flüssigkeit, die chemisch schon nicht mehr so einfach zusammengesetzt ist. Sie wird namentlich in der Anilinfarben-Industrie zur Herstellung komplizierterer Körper verwendet, spielt aber vielfach auch als Lösungsmittel für bestimmte Substanzen eine Rolle, und als solchem werden wir ihr noch bei der Fabrikation rauchloser Pulver wieder begegnen.

Uns interessiert an dieser Stelle jedoch hauptsächlich die Essigsäure. Als Holzessig sieht sie, durch teerige Substanzen gefärbt, braun aus. Ihre umständliche Reinigung auf chemischem Wege ist zu kompliziert, um hier auseinandergesetzt werden zu können. Sie wird so geleitet, dass man die rohe Säure sogleich in absolute, also wasserfreie Essigsäure verwandelt. In diesem Zustande ist sie äusserlich vom gewöhnlichen Essig nicht zu unterscheiden, denn sie ist wie dieser eine wasserklare Flüssigkeit, aber von allerschärfstem Essiggeruch. Auch hat sie die Eigenschaft, bei niedriger Temperatur zu einer Masse zu erstarren, die dem Eis sehr ähnlich sieht, die jedoch erst bei + 17 Grad wieder schmilzt. In Rücksicht auf dieses Verhalten führt sie den ganz überflüssigen, etwas geheimnisvoll klingenden Namen „Eisessig“. Zur Hälfte mit Wasser verdünnt heisst sie also im gewöhnlichen Leben Essigessenz.

Digitized by Google

Hiermit haben wir die Nahrungs- und Genussmittel in ihren Beziehungen zum menschlichen Leben genügend erörtert, und gehen nun zu Anderem über, das zu seinem Verständnis chemische Kenntnisse erfordert.

Wir haben den Salpeter (siehe Seite 49) seiner Zeit erwähnt, als wir die der Neuzeit angehörige Verwendung des Natronsalpeters in der Landwirtschaft kennen lernten. Ganz anders verhält es sich mit dem ihm chemisch so nahe stehenden Kalisalpeter.

Der Kalisalpeter bildet die Grundlage allen Schiesspulvers, das erst seit dem Jahre 1886 durch die rauchlosen Pulver anfängt teilweise verdrängt zu werden. Wir wollen nunmehr unserer früher ausgesprochenen Absicht gemäss (siehe Seite 49), die Explosivstoffe näher kennen lernen, und uns hierzu ins Gedächtnis zurückrufen, dass Salpetersäure ein Oxydationsprodukt des Stickstoffs, also eine sauerstoffreiche Verbindung ist.

Der Kalisalpeter, der auch salpetersaures Kali genannt werden kann, ist das Salz, welches durch Vereinigung von Salpetersäure mit der Base Kali entsteht. Lässt man nun Salpetersäure statt auf Kali oder ähnliche Basen auf Substanzen wie Cellulose[1]) einwirken, so kommt auch hier zwischen derartigen Körpern eine Verbindung zustande, indem die in der Salpetersäure enthaltene Nitrogruppe[2]) in die Cellulose eintritt. Die so gewonnene Nitrocellulose und ihr ähnliche Körper bilden, wie wir sehen werden, die Grundlage aller neueren Sprengmittel und rauchlosen Pulver. Die Nitrogruppe ihrerseits besteht aus einem Atom Stickstoff und zwei Atomen Sauerstoff.

Die Verbindung des Stickstoffs mit Sauerstoff, die an Kali gebunden in Form von Salpeter schon im alten Schiesspulver steckte, ist also in Form der „Nitrogruppe"

---

1) Das genauere über Cellulose lernen wir später bei der Papierfabrikation kennen.

2) Der Name Nitrogruppe stammt von Nitrum, der lateinischen Bezeichnung für Salpeter her.

Digitized by Google

auch der ausschlaggebende Bestandteil aller modernen rauchlosen Pulver, und ist für sie, trotz unendlicher Mühe, bisher kein gleichwertiger oder besserer Ersatz zu finden gewesen, so dass diese Gruppe nach wie vor, also von der Erfindung des Schiesspulvers an bis auf den heutigen Tag, das Gebiet der Explosionstechnik unumschränkt beherrscht.

Da die Griechen und Römer des klassischen Altertums den Salpeter nicht kannten, kannten sie auch keine pulverähnlichen Mischungen. Er scheint zuerst im fünften Jahrhundert aus dem fernen Osten, also aus Indien oder China, nach Byzanz, der Hauptstadt des griechischen Kaisertums, gekommen zu sein.

Im Arsenal zu Byzanz hat man dann herausgefunden, dass wenn man ihn verbrennlichen Körpern zusetzt, er sie in solchem Grade brennbar macht, dass das Feuer gar nicht mehr vor dem vollständigen Abbrennen der Mischung zu löschen ist. Diese seine Kraft beruht auf seinem sehr hohen Gehalt an Sauerstoff, welcher 47,5 Prozent beträgt, so dass also dieses, wie wir wissen, für alle Verbrennungen wichtigste Element durch ihn geradezu in fester Form in solche Gemische hineingebracht wird.

Auch fand man schon in Byzanz, dass die für das Brennen geeignetste Mischung aus Salpeter, Kohle und Schwefel hergestellt wird. Ein derartiges Gemisch war das „griechische Feuer", in dessen Besitz die Stadt sich lange Zeit aller ihrer Feinde erwehrte. Mit seiner Hilfe verbrannten ihre Bewohner im siebenten Jahrhundert zahlreiche Schiffe der Flotten der Araber, so dass diese schliesslich von ihrer Eroberung Abstand nahmen. Dagegen konnten die Bewohner des äussersten Westen Europas, die dieses Verteidigungsmittel nicht kannten, den Arabern bekanntlich nicht widerstehen, hier gingen sie 711 nach Spanien hinüber und wurden auf viele Jahrhunderte Herren fast des ganzen Landes, das sie in ein mohamedanisches Reich verwandelten. Und noch im zehnten Jahrhundert schlug Byzanz wiederum mit seiner Hilfe die so bedrohlichen Angriffe der Bulgaren ab.

So ist das griechische Feuer seit seiner Erfindung von ausschlaggebendem Einfluss auf die Gestaltung der

Digitized by Google

Weltgeschichte gewesen, und dieser Einfluss ist ihm in seiner weiteren Ausbildung, die wir Schiesspulver nennen, im Laufe der Zeit in immer stärkerem Masse zugefallen.

Eine sehr merkwürdige Thatsache ist es, dass die Bewahrung der geheimnisvollen Zusammensetzung des griechischen Feuers, nach dessen Aufklärung doch sicher alle je mit ihm in Berührung gekommenen Feinde strebten, den Byzantinern etwa 500 bis 600 Jahre lang möglich war. Für uns ist das eigentlich kaum verständlich. Denn wir können uns doch nicht mehr vorstellen, dass eine Erfindung von grösster Wichtigkeit vor einem entsprechend langen Zeitabschnitt — also noch 100 Jahre etwa vor der Entdeckung Amerikas — gemacht wäre, und dass es der betreffenden Stadt, die im Besitze des Geheimnisses sich befände, hätte gelingen können, dieses bis in unsere Zeit zu bewahren.

Die ältesten schriftlichen Mitteilungen über die Zusammensetzung des griechischen Feuers finden wir nämlich erst bei dem byzantinischen Schriftsteller Marcus Graecus, der um 1200 gelebt, und ein Buch, von dem eine lateinische Übersetzung auf uns gekommen ist, verfasst hat, deren Titel lautet: „liber ignium ad comburendos hostes“ oder deutsch: „Buch von den Feuern, mit denen man die Feinde verbrennen kann“. Die Verhältnisse liegen aber nicht so, als ob Marcus Graecus erst der damaligen Welt das Geheimnis des griechischen Feuers verraten hätte, vielmehr scheint die Kenntnis desselben durch mündliche Überlieferung um jene Zeit schon nicht mehr auf Byzanz allein beschränkt gewesen zu sein.

Auch in diesem Buche ist vom griechischen Feuer immer nur als von einer stark brennenden Mischung die Rede, obgleich Mischungen, die er empfiehlt, schon merkwürdiger Weise z. B. dem, wie man jetzt sagen muss, ehemaligen preussischen Militärpulver recht nahe stehen.

Satz für griechisches Feuer nach Marcus Graecus		Militärpulver	
11 Prozent	Schwefel	10 Prozent	Schwefel
22 „	Kohle	16 „	Kohle
67 „	Salpeter	74 „	Salpeter.

Digitized by Google

Wann und wo man zuerst jene geheimnisvolle fortschleudernde Kraft an diesem Gemisch entdeckt hat, die wir als Explosionskraft bezeichnen, und der keine sonstige Kraftentwickelung, abgesehen von den Naturkräften selbst, an die Seite gestellt werden kann, wird immer unbekannt bleiben. Nachdem sie aber einmal entdeckt war, was jedenfalls erst nach den Zeiten des Marcus Graecus gewesen ist, hat man ihre passende Ausnutzung für Zwecke des Krieges bald herausgefunden. Zu Florenz goss man 1326 die ersten metallenen Kanonen, die man mit eisernen Kugeln lud, und bei Schilderungen von Schlachten und Belagerungen finden wir bald darnach die Anzahl der zur Verwendung gekommenen Geschütze aufgezählt. Weit langsamer ging es mit deren Verkleinerung zu Handfeuerwaffen. Um 1500 herum standen die Schützen noch 37 Glieder tief. Das Wiederladen der Waffe erforderte nämlich so viel Zeit, dass der nach Abgabe seines Schusses nach rückwärts laufende Schütze erst nach 36 Schüssen anderer wiederum mit dem Laden fertig war. Es dauerte noch bis zur Zeit Friedrichs des Grossen, bis die Flinten so weit ausgebildet waren, dass seitdem die Entscheidung der Schlachten zumeist durch das Gewehrfeuer der Infanterie herbeigeführt wird.

Hatte der Weg der Pfeile im menschlichen Körper sich leicht verfolgen lassen, so war das bei den Kugeln durchaus nicht der Fall, ihre Ausschneidung erforderte ganz andere anatomische Kenntnisse. Mit dem Aufkommen der Feuerwaffen begannen daher die Chirurgen sich nunmehr ernstlich mit der bis dahin ganz vernachlässigten Anatomie des menschlichen Körpers zu befassen. Also auch auf medizinischem Gebiete hat das Schiesspulver eine vollständige Reform herbeigeführt, indem es zur ernstlichen Beschäftigung mit der Grundlage alles medizinischen Wissens zur Pflege der Anatomie zwang.

Man hat natürlich im Laufe der Zeit sehr viel an der Verbesserung des Pulvers gearbeitet, aber wie die oben mitgeteilten Zusammensetzungen zeigen, waren die Erfolge der Jahrhunderte keine übermässigen.

Digitized by Google

Dazu kam die grosse Bequemlichkeit der Fabrikation, man mischte die drei Ingredienzien und hatte, was man brauchte. In dieser der rein technischen Seite waren die Fortschritte namentlich des letzten Jahrhunderts sehr gross. Die Mischung derartigen Pulvers, das noch immer in grösster Menge dargestellt wird, ist von einer nicht mehr zu übertreffenden Vollkommenheit, ebenso hat man hinsichtlich der Grösse der Körner längst die passendsten Masse herausgefunden. Für grosse Geschütze z. B. wird es in sechseckige, prismenförmige Stücke, die nebenstehend in natürlicher Grösse abgebildet sind, gepresst. Dieselben haben Durchbohrungen, die ein gleichzeitiges Verbrennen des Korns von innen und aussen ermöglichen. Trotzdem geht es viel weniger rasch vor sich als wenn feingekörntes Puver abbrennt. Hierdurch erreicht man, dass sich die Kraft der Explosion im Rohr etwas langsamer geltend macht, und bei der grossen Länge der neueren Riesengeschütze kommt sie dadurch günstiger zur Wirkung.

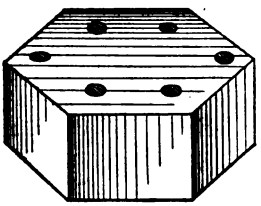


Fig. 15.

Wir haben nur einen solchen auf logischen Schlüssen beruhenden Fortschritt in der Ausnutzung des Pulvers angeführt, um zu zeigen, dass, wenn es auch durch seine Zusammensetzung an das griechische Feuer erinnert, jenes, das als Zündfackel auf die Feinde geworfen wurde, neben ihm als Spielerei erscheint.

Als Beispiel für die Leistungsfähigkeit des geformten Pulvers sei folgendes angeführt. Ein von Krupp auf der Weltausstellung in Chicago ausgestelltes Geschütz, das mit 115 Kilo von diesem Pulver geladen war, schleuderte sein Geschoss im Gewichte von 215 Kilo 20226 Meter weit. Es gebrauchte zum Durchfliegen dieser Strecke 70 Sekunden, und erreichte auf dem Wege eine Scheitelhöhe von 6540 Meter, während der Chimborasso nur 6421 Meter hoch ist. Sechs ähnliche Geschütze sind jetzt zum Schutze des Nordostseekanals an der Elbmündung aufgestellt.

Digitized by Google

Den Fortschritten der Chemie in unserem Jahrhundert blieb es dann vorbehalten auch hinsichtlich des Pulvers eine vollständige Umwälzung herbeizuführen. Man kannte schon lange in den Laboratorien heftig explodierende Körper, die sich aber wegen ihrer ausserordentlichen Heftigkeit nicht für Waffen eignen, weil sie, bevor sie die Kugel im Rohr in Bewegung setzen, womöglich schon das Rohr selbst sprengen.

Nur eine Verbindung fand als Hilfsmittel Eingang in die Waffentechnik, das ist das Knallquecksilber, welches schon auf einen leichten Schlag explodiert. Es diente und dient in Form von Zündhütchen und in den Patronen zur Entzündung des Pulvers in der Waffe, das bis dahin sehr viel weniger sicher und zuverlässig, ursprünglich durch Zünder, viel später erst durch das bequemere Steinschloss bewirkt worden war. Bei letzterem lieferte ein auf einen Feuerstein schlagendes Stahlstück (siehe auch Seite 13) den nötigen Funken.

Wenn Schiesspulver zur Explosion kommt, entwickelt sich sehr viel Rauch. Er rührt von dem in ihm enthaltenen Kalium des Salpeters her. Dies ist ein Metall, also ein durchaus beständiger Körper, der während der Explosion zumeist in schwefelsaures Kali und ähnliche Verbindungen übergeht. Diese Substanzen sind natürlich auch ihrerseits sehr beständige feste Körper und werden durch die Explosion in feinster Verteilung umhergeschleudert, bleiben daher lange in der Luft schweben, und bilden so den schweren Pulverdampf.

Ganz anders nun, wenn wir etwas Schiessbaumwolle anzünden, zu der wir jetzt übergehen. Sie verbrennt, wie wir sehen, momentan und ohne jede Spur von Rauch.

Und worauf beruht nun dieser gewaltige Unterschied zwischen dem alten und dem neuen Explosionsstoff? Reine Baumwolle ist Cellulose und besteht aus sechs Atomen Kohlenstoff, zehn Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff, hat also die Formel $C_6H_{10}O_5$ und ist daher ein Kohlenhydrat (siehe Seite 65). Behandelt man sie mit Salpetersäure, deren Wirkung man für diese Zwecke

Digitized by Google

noch durch Schwefelsäure verstärkt, wendet man „Nitrosäure", wie dies Gemisch in der Technik genannt wird, an, so treten, wie schon eingangs erwähnt, Nitrogruppen in das Cellulosemolekül ein. Während das alte Pulver ein möglichst gut hergerichtetes Gemisch von Substanzen ist, ist hier das Sprengmittel eine chemische Verbindung in sich. Das alte Pulver brennt ab, bei dem neuen tritt, wenn es zur Explosion gebracht wird, momentaner Zerfall des Moleküls ein. Während ein Kilogramm Pulver zu seiner Verbrennung etwa ein hundertstel Sekunde braucht, zersetzt sich ein Kilogramm Schiessbaumwolle in zirka ein fünfzigtausendstel Sekunde.

Bei der Verbrennung der Schiessbaumwolle bildet sich aus dem Kohlenstoff Kohlensäure, aus dem Wasserstoff Wasser, wozu der Sauerstoff teils schon in der Baumwolle vorhanden ist, in genügender Menge aber erst von den Nitrogruppen — es gehen mehrere Nitrogruppen in ein Molekül Cellulose — geliefert wird. Der Stickstoff der Nitrogruppen entweicht als solcher. Wir sehen, die Explosion liefert nur Gase, nämlich Kohlensäure, Stickstoff und Wasser in Gasform. Denn bei der hohen Temperatur, bei der sie sich vollzieht, ist auch das Wasser in Gasform vorhanden. Da diese drei Gase farblos sind, kann man sie natürlich nicht wahrnehmen, und daher verbrennt die Schiessbaumwolle rauchlos, verschwindet durch die Explosion scheinbar völlig.

Sie ist das zuerst entdeckte wirklich brauchbare neuere Sprengmittel gewesen, und viele Staaten stellten sie schon kurz nach ihrer Erfindung, die in das Ende der vierziger Jahre fällt, in grossen Mengen dar. Häufig explodierten aber die aufgespeicherten Vorräte scheinbar ohne jede äussere Ursache, und richteten dabei grosse Verheerungen an. So verlor sich für längere Zeit das Vertrauen zu ihr, bis nach vielleicht dreissigjähriger Arbeit man sich so klar über die Bedingungen zur Herstellung einer haltbaren Schiessbaumwolle geworden war, dass sie heute ganz gefahrlos gehandhabt werden kann.

Dazu kommt noch folgendes. Man fand schliesslich

Digitized by Google

heraus, dass nasse Schiessbaumwolle ebenso geeignet, ja sogar noch geeigneter als ganz trockene für Explosionen ist. Und mit unter ungeheurem Druck zusammengepressten feuchten Schiessbaumwollballen werden jetzt die Torpedos gefüllt, deren zerstörender Kraft ja selbst die bestgeschützten Schiffe nicht widerstehen, wenn sie von ihnen getroffen werden.

Dabei ist das Hineinbringen des Explosivstoffes in die Torpedos ganz ungefährlich, denn nasse Schiessbaumwolle lässt sich mit einer gewöhnlichen Flamme überhaupt nicht anzünden. Sie explodiert erst auf Initialzündung, und dies ist der eigentliche Kern dieser wichtigen Entdeckung.

Initialzündung bedeutet, dass sie erst explodiert, wenn sie einen im physikalischen Sinne ungeheuer raschen Stoss erhält. Solch ein Stoss entsteht z. B. beim Explodieren von Knallquecksilber. Befindet sich also an einem mit nasser Schiessbaumwolle gefüllten Torpedo ein Zünder aus diesem Material und kommt zur Explosion, so wirkt seine Stosswelle so, dass die im Molekül der Schiessbaumwolle in bestimmter Ordnung gegeneinander gelagerten Atome aus ihrer Lage gebracht werden, womit denn der Zerfall der Moleküle und damit die Explosion, ganz gleich ob die Schiessbaumwolle nass oder trocken war, eintritt.

Lange bevor man mit ihr bis zu dieser nicht mehr zu übertreffenden Sicherheit der Handhabung gelangt war, war schon ein anderes modernes Sprengmittel für die friedlichen Zwecke des Bergbaues etc. in Aufnahme gekommen, dessen Name ebenfalls heute die Welt erfüllt, das ist das Dynamit.

Als einen Bestandteil der Fette lernten wir das Glycerin (siehe Seite 19) kennen. Bringt man dieses mit der oben erwähnten Nitrosäure zusammen, so nimmt es drei Nitrogruppen auf, wird also sehr reich an diesem für die Explosionswirkung massgebenden Bestandteil. Das erhaltene Produkt, das Nitroglycerin, ist, wie sein Ausgangsmaterial, eine Flüssigkeit, und in dieser Form

Digitized by Google

für Sprengzwecke wenig geeignet. Deshalb mischt man ihm so viel sehr feinen Sand, sogenanntes Kieselgur, zu, dass das Gemisch schliesslich eine feste Masse repräsentiert, und in dieser Form hat es seitdem unter dem Namen Dynamit seine Sprengwirkungen geübt, und die Verbindung Deutschlands mit Italien durch den Gotthardtunnel und unzählige andere Werke des Friedens ermöglicht.

Die Ballistik hatte inzwischen auf rein rechnerischem Wege gezeigt, dass, bei Verkleinerung des Geschossdurchmessers im Gewehr, sich weit grössere Wirkungen, als bis dahin erreicht waren, mit Handfeuerwaffen würden erzielen lassen, wenn man den Geschossen nur einen stärkeren Antrieb, als ihn das alte Pulver ermöglicht, würde geben können.

Damit begann denn die Suche nach neuen kräftigeren Pulvern für Gewehre, für die der Weg in den Nitroverbindungen gegeben war, die, wie uns jetzt verständlich ist, ausserdem rauchlos ausfallen mussten.

Diesem Bedürfnis verdankte der vor einigen Jahren so viel genannte Melinit der Franzosen seinen Ursprung. Er wurde auf dem Wege erhalten, dass man auf die, als Desinfektionsmittel so bekannte Karbolsäure, Nitrosäure einwirken liess. Aus der Karbolsäure entsteht dabei, indem auch hier drei Nitrogruppen eintreten, eine Verbindung, die den Namen Pikrinsäure führt, welche ganz besonders darin der Schiessbaumwolle ähnelt, dass auch sie im nassen Zustande auf Initialzündung explodiert. Genaueres über die Zumischungen zu diesem als Staatsgeheimnis fabrizierten Pulver ist nicht bekannt geworden, es soll sich aber schliesslich nicht bewährt haben. Es erhielt seinen Namen davon, dass Pikrinsäure in dem geschmolzenen Zustande, in dem sie zur Fabrikation Verwendung findet, ähnlich wie Honig, der lateinisch mel heisst, aussieht.

Es scheint jetzt, dass über die Pikrinsäure wie über alle anderen Konkurrenten für die Zwecke der modernen rauchlosen Pulverbereitung die Schiessbaumwolle den Sieg

Digitized by Google

davongetragen hat. Wenigstens scheint sie bei allen diesen Pulvern ein Bestandteil zu sein, wenn das sich auch bei dem Geheimnis, mit dem die einzelnen Staaten ihre Fabrikation umgeben, nicht absolut sicher sagen lässt.

Was die Schiessbaumwolle so ganz besonders verwendbar macht, ist ihre Eigenschaft, mit manchen Lösungsmitteln eine für die Zwecke der Pulverfabrikation geeignete Lösung zu geben, wie wir sogleich verstehen werden. So ist das uns allen so wohl bekannte Kollodium eine Auflösung von Schiessbaumwolle in einem Gemisch aus Äther und Alkohol. Verdunstet das Lösungsmittel, so hinterbleibt sie als ein Häutchen, das man von beliebiger Dicke erhalten kann, und zerschneidet man dieses zu kleinen Stücken, so hat man schon ein rauchloses Pulver. Ganz so einfach, wie wir es hier dargestellt haben, liegt die Sache in der Praxis nun nicht, aber immerhin ähnlich.

Da Schiessbaumwolle an sich ein für Gewehre zu starkes Pulver geben würde, indem es die Gewehre sprengen würde, statt die Kugel in ihnen in Bewegung zu setzen, so fügt man zu ihrer Lösung indifferente Substanzen — eine Zeitlang wurde z. B. Kampfer benutzt — hinzu, und der nach dem Verdunsten dieser Mischung bleibende Rückstand ist dann so zu sagen durch Kampfer verdünnte Schiessbaumwolle, und findet nun als rauchloses Pulver Verwendung. Man sieht, dass man auf diesem einen Wege schon Pulver von beliebiger Stärke, resp. für die verschiedensten Zwecke geeignet, herstellen kann.

Das allerstärkste Sprengmittel, welches ebenfalls als solches nicht mehr für Gewehre brauchbar, wohl aber für den Bergbau geeignet ist, wird jedoch in der Art erhalten, dass man Schiessbaumwolle mit Nitroglycerin übergiesst. Zwar lösst sie sich in letzterem nicht, sondern quillt nur auf, und das Ganze bildet eine gelatineartige Masse, das ist dann aber die sogenannte Sprenggelatine, das gewaltigste Sprengmittel, das wir zur Verfügung haben, dessen Kraft in ihren Grenzen durch Verwendung von viel oder wenig Schiessbaumwolle abgetönt werden kann, und welches, wie wir uns nach dem Vorausgegangenen sagen müssen, wohl nicht mehr zu übertreffen ist. Denn

Digitized by Google

hier wird ja nicht, wie ehemals beim Dynamit, die Kraft des Nitroglycerins durch Zugaben wie Sand herabgesetzt, sondern umgekehrt noch durch Schiessbaumwolle verstärkt.

Verdünnt man das Nitroglycerin, bevor man die Schiessbaumwolle hineingiebt, mit dem uns bereits bekannten Aceton (siehe Seite 121), und giebt in der Art, wie wir es soeben auseinandergesetzt haben, in die Flüssigkeit indifferente Zusätze zur Milderung der Explosionskraft des nach dem Verdunsten des Acetons zurückbleibenden Explosivstoffes, so kann man, nachdem der grösste Teil des Acetons verdunstet ist, diesen Rückstand mit Hilfe von Maschinen, in die Form langer Fäden von bestimmter Dicke bringen. Ist dann der Rest des Acetons aus diesen Fäden verdunstet, so hat man den Cordit (vom französischen corde, der Strick, her benannt), welcher als rauchloses Pulver in der englischen Armee dient. Auch dieses Pulver kann durch Zugabe von mehr oder weniger indifferenten Stoffen zur Lösung, mit deren Hilfe es dargestellt wird, in seiner Kraft beliebig variiert werden.

Damit haben wir nun das alte Schiesspulver und die Gründe des Übergangs zu den modernen rauchlosen Sorten genügend erörtert.

Es sind natürlich auch ungezählte Versuche in ganz anderen Richtungen unternommen worden, um zu passenden Pulvern oder Sprengmitteln zu kommen. Soviel steht aber wohl fest, dass, wie schon eingangs erwähnt, nur die Nitrogruppe für die Praxis brauchbare Resultate giebt, namentlich hinsichtlich dessen, dass die Fabrikation der Mittel nicht allzu gefährlich wird.

Geht man z. B. im Salpeter zum Ersatz seines Stickstoffatoms durch ein Chloratom über, so ist der betreffende neue Körper das chlorsaure Kali. Die Abkürzung für Stickstoff ist N von Nitrogenium her, für Chlor dienen seine Anfangsbuchstaben Cl. Die mit Hilfe der Abkürzungen geschriebenen Formeln beider Körper zeigen so recht ihre Ähnlichkeit in chemischer Beziehung.

Digitized by Google

NO_3K Salpetersaures Kali. ClO_3K Chlorsaures Kali.

Natürlich kann man auch das chlorsaure Kali mit Schwefel oder Kohle respektive mit beiden mischen. Die Mischungen sind, wie zu erwarten, ausserordentlich kräftige Pulver, nur kann kein Mensch mit ihnen irgendwie sicher umgehen, da schon ein Schlag, ja ein heftiger Druck, etwas was bei einer Fabrikation im grossen gar nicht zu vermeiden wäre, sie zur Explosion bringen, womit ihre Darstellung in Fabriken — sie ist selbst im Laboratorium gefährlich — ausgeschlossen ist.

So finden denn oberflächlich hergestellte Mischungen von chlorsaurem Kali und ähnlichen Verbindungen mit weiteren Zusätzen nur in der Feuerwerkerei Verwendung, die sie einfach in meist röhrenförmige Behälter schüttet, aus denen sie dann herausbrennen.

Wir kommen nunmehr zu unserer Bekleidung. Zu dieser dienen aus tierischen und pflanzlichen Fasern hergestellte Stoffe sowie das Leder.

Die tierischen und pflanzlichen Fasern unterscheiden sich chemisch dadurch sehr scharf voneinander, dass die ersteren Stickstoff enthalten, die letzteren nicht. Geraten tierische Fasern in Brand, so bilden sich hässlich riechende stickstoffhaltige Produkte, sie geben, wie meist gesagt wird, den Geruch nach angebranntem Horn aus, während die pflanzlichen Fasern hierbei den Geruch des angebrannten Papiers zeigen.

Uber die Fasern an sich haben wir an dieser Stelle natürlich nur wenig zu sagen. Von den tierischen kommen hauptsächlich Wolle und Seide in Betracht.

Die ersteren haben eine sehr rauhe mit vielen Vorsprüngen besetzte Oberfläche. Werden Fäden aus ihnen hergestellt und diese, nachdem ein Teil von ihnen als sogenannte Kette eingespannt ist, durch das hin- und herschiessende Weberschiffchen, welches den „Einschuss“ liefert, in Stoff verwandelt, so sieht so hergestellter Stoff nicht viel anders aus, als wenn er etwa aus starken Leinen-

Digitized by Google

fasern verfertigt wäre. Wird der Stoff aber jetzt angefeuchtet und kräftig durchgearbeitet, gewalkt wie man sagt, so schieben sich die Vorsprünge der einzelnen Wollfasern ineinander, so tritt Verfilzung ein, und nach dieser Procedur hat er jenes Äussere, das wir an Wollstoffen wahrzunehmen gewöhnt sind. Dass er hernach noch, um eine glatte Oberfläche zu erzielen, geschoren wird etc., gehört unter die technischen Einzelheiten, auf die wir nicht einzugehen haben.

Der Seide geht die Eigenschaft des Verfilzens völlig ab, bei ihr kann man deshalb auch die einzelnen Fasern im fertiggestellten Gewebe unterscheiden. Und ebenso liegt es bei dem Leinen und der Baumwolle. Leinen- oder Baumwollzeuge mögen noch so viel gewaschen werden, die einzelnen Fäden bleiben stets nebeneinander liegen, und können schliesslich mit der Hand durch Zupfen wieder gelöst werden.

Vom chemischen Standpunkte interessiert uns nun hier die Kunstwolle weit mehr als die von der Natur gelieferten Gespinstfasern.

Sind wollene Zeuge durch fortdauerndes Tragen für die weitere Benutzung unbrauchbar geworden, so ist doch der grösste Teil der zu ihrer Herstellung verwendeten Wolle noch in ihnen vorhanden. Nur ihr Äusseres ist schlecht, sie zeigen Löcher und so weiter.

Nehmen wir gewirkte Waren nach Art der Strumpfwaren, so ist leicht einzusehen, dass wenn diese völlig wieder zerzupft werden, was mit Maschinen mühelos zu erreichen ist, sie eine zu neuem Verspinnen geeignete Wolle, die zwar nicht so gut wie ungebrauchte, aber doch sehr brauchbar ist, liefern werden.

Nun zerzupft man aber nicht nur derartige Wollwaren wieder, sondern auch die in weit grösserer Masse zu habenden Überreste der abgetragenen Kleider. Um von der Maschine wieder gerissen werden zu können, müssen sie von allen Nähten befreit sein, was so geschieht, dass Arbeiterinnen diese herausschneiden. Dabei werden ganz unregelmässige Stücke geschnittenes Tuch erhalten, die

Digitized by Google

sortiert und jetzt den Maschinen zum Zerreissen übergeben werden. Auch sie liefern ihre Wolle zurück, aber diese ist, wie die Überlegung lehrt, viel kürzer in der Faser, als die oben erwähnte. Doch ist sie nichtsdestoweniger ein vorzügliches Spinnmaterial, das bei der Herstellung billigerer Stoffe, wie sie für wenig wohlhabende Kreise doch auch fabriziert werden müssen, seine durchaus passende Mitverwendung findet.

Diese Fabrikation wäre sehr bequem, wenn sie nicht mit folgendem zu kämpfen hätte. Baumwolle ist viel wohlfeiler als Wolle, und so setzt man sie mancherwärts bei der Herstellung von Wollstoffen der zu verspinnenden Wolle gleich zu, um das fertige Produkt billiger liefern zu können. Diese Art des Mischens ist aber verhältnismässig selten, zumal Wolle und Baumwolle sich nicht gleichmässig färben, wofür wir die Ursache später kennen lernen. Meist wird so verfahren, dass die Kette des Gewebes aus Baumwollfäden hergestellt wird, während der Einschuss Wolle ist. Beim Walken hernach verfilzt sich die Wolle genügend, um die ersteren zu verdecken. Nur an Stellen, an denen eine starke Abnutzung eintritt, wie an den Ärmelöffnungen, reibt sie sich beim Tragen bald ab, und treten die scharfgedrehten unverfilzbaren Baumwollfäden wieder hervor.

Wird nun solcher Stoff nach seiner Abnutzung wieder zu Kunstwolle (auch Shoddy oder Mungo genannt) zerrissen, so wird diese baumwollhaltig, und wiederholte sich dieser Prozess im Laufe der Jahre mit solchen Stoffen, so müsste die Kunstwolle schliesslich fast unbrauchbar werden.

Um nun baumwollhaltige Kunstwolle verwertbar zu machen, wird sie durch einen „Karbonisieren“ genannten Prozess, den ein Deutscher Namens Köber in den vierziger Jahren erfand, von ihrem Gehalt an Baumwolle befreit. Zu diesem Zwecke bringt man sie in verdünnte Schwefelsäure, an deren Stelle auch mancherwärts andere ähnlich wirkende Mittel benutzt werden. Die zur Verwendung kommenden Flüssigkeiten haben alle die Eigenschaft, die Baumwolle in der rohen Kunstwolle so stark anzugreifen,

Digitized by Google

dass sie nach dem Wiedertrocknen, das bei 90° bis 95° erfolgt, fast zu Staub zerfällt, während sie die Wolle so gut wie gar nicht schädigen. Die so behandelte Kunstwolle kann also schliesslich mittelst Durcharbeitens mit Maschinen völlig von der ihr ursprünglich beigemischten Baumwolle befreit werden, indem diese als Staub herausfällt. Es giebt jetzt in allen Industriestaaten Kunstwollfabriken. Schon im Jahre 1880 waren nur noch 34 Prozent der in England fabrizierten Tuche aus reiner Wolle hergestellt, und die Verwendung von Kunstwolle hat seitdem weitere grosse Fortschritte gemacht.

Die Natur liefert die bei weitem grösste Menge der Gespinstfasern farblos. Wollte man immer weisse Gewänder tragen, so wäre das in vielen Beziehungen nicht gerade bequem, und seit Urzeiten hat man deshalb Stoffe zu färben versucht und verstanden. Wir werden uns deshalb demnächst mit der Färberei zu beschäftigen haben.

Digitized by Google

VII. Vortrag.

Lohgerberei. Leder. Enthaaren und Schwellen der Häute. Gerbstoffe. Rinden. Quebrachoholz. Sumach. Gerbextrakte. Sohlleder. Alaungerberei. Handschuhleder. Pelzwerk. Eisen- und Chromleder. Sämischgerberei. Waschleder. Pergament. — Rasenbleiche. Bläuen der Wäsche. Chlorbleiche. Chlorkalk. Antichlor. Eau de Javelle. Schweflige Säure. Wasserstoffsuperoxyd. — Färberei. Beizen. Farblacke. Substantive Farbstoffe Teerfarben. Indigo. Alizarin. Farbpasten. Farbholzextrakte. Blauholz. Zeugdruckerei.

Wir wollen vor der Färberei noch die Zubereitung des Leders besprechen, welches uns namentlich zur Fussbekleidung dient, und sich daher passend an die Betrachtung der Bekleidungsstoffe aus Gespinstfasern anreiht; welches aber ausserdem im Leben zahllose Verwendungen findet, für die es durch nichts ersetzt werden kann.

Leder ist haltbar gemachte Tierhaut, der auf dem Wege des Gerbens, so nennt man den Prozess der Haltbarmachung, zugleich eine ihr dauernd verbleibende Geschmeidigkeit erteilt ist.

Die frische Tierhaut neigt in hohem Grade zur Fäulnis. Diese Eigenschaft verliert sie allerdings schon beim Austrocknen, aber nach dem Trocknen ist die Haut hart und brüchig, weil ihre Fasern zusammengeklebt sind. Im Gerbprozess bringt man nun zwischen ihre Fasern den Gerbstoff. Dieser hindert deren Zusammenkleben, und man kommt so zur gegerbten Haut, zum Leder. Seine Geschmeidigkeit erinnert jetzt je nach dem angewendeten Gerbverfahren wieder mehr oder weniger an die der lebenden Tierhaut.

Die für die Lederfabrikation bestimmten Häute müssen vor allen Dingen enthaart werden.

Digitized by Google

Die älteste für diesen Zweck gebrauchte Methode, die aber zum Teil heute noch, nach den Erfahrungen der Neuzeit verbessert, Verwendung findet, ist das sogenannte Schwitzen. Es besteht darin, die feuchten Häute eine Zeitlang sich selbst zu überlassen. Dabei tritt eine leichte Fäulnis ein, die die Haare so weit lockert, dass sie hernach ohne viele Mühe abgeschabt werden können. Sobald dieses möglich ist, wird das Schwitzen unterbrochen. Aber auch mit Hilfe von Chemikalien kann man die Haare leicht lockern. Dazu dient seit langem der gebrannte Kalk. Löscht man ihn mit viel Wasser (später beim Mörtel kommen wir noch auf das Löschen zurück), so erhält man die sogenannte Kalkmilch, in welche man die Häute legt. Noch wirksamer ist die Verbindung von Schwefel und Kalk, das Schwefelcalcium, oder das letzterem chemisch sehr nahestehende Schwefelnatrium. Dieses wird darum jetzt speziell für die Enthaarungszwecke der Gerbereien fabriziert.

Die enthaarten Häute kommen in die sogenannte Schwellbeize. Als solche Beize kann jede sehr verdünnte Säure, z. B. Schwefelsäure dienen. In ihr schwellen die Häute allmählich bis wohl zur doppelten Dicke an, und werden dadurch für den Gerbstoff leichter durchdringbar.

Doch benutzt man von alters her meist eine andere Methode, die auf rein empirischem Wege herausgefunden worden ist. Man verschafft sich nämlich das nötige saure Bad durch die uns jetzt so wohl bekannte Milchsäuregärung, und dessen Resultate sollen immer noch besser als die mit verdünnten Säuren, von denen man natürlich die allerverschiedensten versucht hat, sein.

Zur Herrichtung des Bades übergiesst man Weizenkleie mit Wasser, giebt Sauerteig zu, und lässt bei etwa 50 Grad sich die Milchsäuregärung vollziehen, neben der sich auch ein wenig andere Säuren wie Buttersäure etc. bilden. In der erkalteten Flüssigkeit schwellen dann die Häute, die hierauf den Gerbstoff der Gerbmaterialien in sich aufnehmen sollen.

Digitized by Google

Gerbstoffe, d. h. also Substanzen, die tierische Haut in Leder verwandeln, finden sich in sehr vielen Pflanzen. Sie hören z. B. vom Gerbsäuregehalt des Thees und des Kaffees sprechen. Natürlich kommen die in solchen Pflanzen vorhandenen Gerbstoffe wegen ihres hohen Preises für die Gerberei nicht in Betracht. Das Hauptmaterial sind bis in unsere Zeit Baumrinden gewesen, und alle Baumrinden übertrifft an Gerbstoffgehalt die Eichenrinde, in zerschnittenem Zustande auch Eichenlohe oder glattweg Gerberlohe genannt.

Die Menge der Rinde im Verhältnis zum Holz ist bei der Eiche zwischen dem fünfzehnten und dreissigsten Jahre des Baumes am günstigsten. In diesem Alter schält man letztere deshalb, und daher stammt der Ausdruck Schälwaldungen, wie sie noch im südlichen Deutschland, namentlich aber im südlichen Frankreich häufig sind.

Um dem Boden nicht zu viel Kraft — das heisst also, wie wir jetzt wissen, um ihm nicht zu viel anorganische Salze — zu entziehen, verbrennt man das nach dem Schälen übrigbleibende Holz stets auf dem betreffenden Terrain, damit dessen Asche ihm wieder zu gute kommt. Heute könnte man natürlich auch mit künstlichem Dünger nachhelfen.

Ausser Eichenrinde verwendet man auch die Rinde von Tannen, Fichten, mancherwärts auch die der Wallnussbäume, welche aber meist nur mit Eichenrinde gemischt benutzt werden.

Bei der Menge Leder, die jetzt gebraucht wird, hat man auch andere, namentlich auswärtige Bäume und Sträucher zum Ersatz der einheimischen Rinden mit herangezogen, denn die gerbenden Stoffe finden sich nicht allein in den Rinden, sondern auch in andern Teilen der Pflanzen.

Von den Hölzern wollen wir nur das Quebracho-Holz erwähnen, welches vor zwei Jahren so viel bei uns genannt wurde, weil die Absicht, es bei seiner Einfuhr nach Deutschland im Interesse der Schälwaldbesitzer mit einem Zoll zu belegen, zu sehr lebhaften Auseinandersetzungen im Reichstage geführt hat.

Digitized by Google

Das Quebracho-Holz ist ein dunkelrotes, sehr hartes Holz, welches aus Argentinien in Massen exportiert, und nachdem es mit Maschinen zu kleinen Teilchen zerraspelt ist, ganz wie die Eichenlohe verwendet wird.

Dann dient auch viel der Sumach. Dies ist ein Pulver, welches durch Zerreiben der getrockneten jungen Triebe von im südlichen Europa wachsenden Pflanzen, die zu den Rhus-Arten gehören, gewonnen wird.

Noch weiter wollen wir auf die Aufzählung von Gerbmaterialien nicht eingehen.

Mit Eichenlohe und ihrem Ersatz gerbt man nun so, dass man sie und die geschwellten Häute abwechselnd in eine Grube giebt, und die auf diese Weise vollgeschichtete Grube mit Wasser füllt. Die Gerbstoffe lösen sich allmählich im Wasser, und werden von den Häuten langsam aus diesem aufgenommen. Da dicke Häute, wie sie z. B. für Sohlleder gebraucht werden, sehr viel Gerbstoff bis zu ihrer völligen Sättigung mit ihm brauchen, müssen sie mehreremals mit neuer Lohe geschichtet werden, und so erfordert ihre vollständige Gerbung auf diesem Wege zwei Jahre und länger: das Produkt ist dafür allerdings vorzüglich.

Natürlich sucht man das Verfahren abzukürzen, und das kann man dadurch erreichen, dass man die Extraktion der Lohe etc. mit Wasser für sich vornimmt, und erst in die so hergestellte Brühe, welche wir auch Extrakt nennen können, die Häute bringt. Nach dieser Methode gelingt es das Leder in etwa drei Monaten fertig zu stellen.

Damit sind wir nun bei den Gerbextrakten angelangt.

Seit langem kommen namentlich aus Ostindien einige solche in den Handel, die dort so bereitet werden, das man gerbstoffreiches Holz oder gerbstoffreiche Blätter mit Wasser auskocht. Die erhaltene Lösung wird sodann zur Ersparnis an Transportkosten möglichst eingedampft; die wichtigsten von diesen konzentrierten Extrakten sind wohl der Gambir und das Catechu.

Seit den achtziger Jahren werden aber auch in

Digitized by Google

Europa derartige Extrakte fabriziert, indem auch hier sich dadurch die Transportkosten sehr verringern. So kommt Eichenrindenextrakt aus dem waldreichen Ungarn und Kroatien, und wird Quebrachoextrakt in den Hafenstädten, nach denen das Holz von Argentinien kommt, hergestellt etc.

Diese Fabrikation wird auch hier so betrieben, dass das Material, nachdem es zerraspelt oder gemahlen ist, mit Wasser ausgelaugt, und die wässrige Lösung eingedampft wird. Nur dampft man nicht im offenen, sondern im stark luftverdünnten Raume ein, wie wir das in der Rübenzuckerindustrie bereits (siehe Seite 75) kennen gelernt haben. Bei dieser Art der Konzentration der Extrakte leiden sie gar nicht in ihrer Güte, was beim Eindampfen auf freiem Feuer nicht zu vermeiden ist.

Mit Hilfe solcher käuflicher Extrakte ist nun die Darstellung von Leder selbstverständlich viel bequemer als nach der alten Methode. Sie lässt sich aber auch in geradezu erstaunlicher Weise bei ihrer Verwendung beschleunigen. In einem deutschen Reichs-Patent, das im Jahre 1892 angemeldet worden ist, findet sich die Angabe, dass nach 36 Stunden selbst das dickste Sohlleder fertig gegerbt ist, wenn man geschwellte Häute mit einer Gerbebrühe, die achtmal so stark als die bisher gebräuchliche ist, durcharbeitet. Die Herstellung der Brühe ist natürlich mit Hilfe der Gerbextrakte mühelos.

Statt der ehemaligen zwei Jahre jetzt nicht einmal zwei Tage, um die geschwellte Haut in Leder zu verwandeln, und das Patent ist nicht, wie so viele, in der Praxis undurchführbar, sondern derartiges Sohlleder — nur für dieses scheint sich das Verfahren bisher zu eignen — ist bereits dauernd im Handel.

Ausser der bisher beschriebenen Art der Gerberei giebt es noch zwei Verfahren, die viel in Benutzung sind, das sind die Alaungerberei, welche auch Weissgerberei genannt wird, und die Sämischgerberei.

Alaun ist in chemischer Beziehung eine Doppelverbindung von schwefelsaurem Kali mit schwefelsaurer Thon-

Digitized by Google

erde. Bringt man in eine wässrige Lösung von ihm und Kochsalz eine geschwellte Haut, so wirkt hier die Thonerde ähnlich wie wir es von den Gerbstoffen sahen, sie tritt in die Haut ein und verhindert, indem sie sich zwischen den Fasern ablagert, das Hartwerden des auf diesem Wege gegerbten Materials.

Wird das erhaltene Produkt hernach mit Fett gut durchgearbeitet, so nimmt es auch dieses in sich auf, und man erhält das allerzäheste Leder, das es überhaupt giebt. Arbeitet man nun sehr vorsichtig, so dass die Felle keine Flecken bekommen etc., so erhält man bei Verwendung von Häuten junger Tiere, namentlich Ziegen und Lämmer, auf diesem Wege das Leder für die Glacéhandschuhe.

Die geschwellten Häute werden hierzu mit einer Alaunbrühe, der Eidotter und etwas Mehl zugesetzt ist, gegerbt. Eidotter ist hauptsächlich Eiweiss mit Fett, welches letztere sich in ausserordentlich feiner Verteilung befindet. Indem nun gerade dies feinverteilte Fett mit in die Haut eintritt, erhält sie jene ausserordentliche Geschmeidigkeit, die wir vom Handschuhleder verlangen.

Die Alaun- oder Weissgerbung ist lange nicht so gut wie die mit Eichenlohe, sie dient für jene vielen Zwecke, welche eine so vorzügliche Gerbung gar nicht erfordern. Die Minderwertigkeit dieser Gerbmethode zeigt sich namentlich bei dem Verhalten des mit Alaun hergestellten Leders gegen Wasser. Während Sohlleder doch z. B. von diesem, wie wir das an unseren Stiefeln oft genug zu sehen Gelegenheit haben, in keiner Weise beeinflusst wird, zieht viel Wasser die Gerbung aus dem weissgegerbten Leder fast ganz wieder heraus. Daher kommt es, dass z. B. sehr nass gewordene Handschuhe zusammenschrumpfen, indem sie sich jetzt wieder ähnlich wie eine ungegerbte Haut verhalten.

Mit Hilfe von Alaun wird auch die Gerbung von Pelzwerk erzielt. Die angewendeten Verfahren weichen ziemlich viel voneinander ab, im grossen ganzen ist es aber immer eine Fett- und Alaungerbung. Man verfährt etwa so, dass man die Felle, nachdem sie unter Zuhilfenahme von Seife möglichst gereinigt sind, wieder trocknet,

Digitized by Google

und dann die Fleischseite mit Fett einreibt. Sobald man durch Walken erreicht hat, dass möglichst viel von diesem aufgenommen ist, streicht man saure Kleienbeize auf, und erzielt hierdurch im Laufe von 24 Stunden eine schwache Schwellung. Nach Entfernung der Kleie bewirkt eine hinaufgegossene Alaun-Kochsalzlösung die eigentliche Gerbung.

Thonerde, also der allein für die Gerberei in Betracht kommende Bestandteil des Alauns, ist eine Base (siehe Seite 49), und so liegt es nicht allzufern, diese Base in der Gerberei durch andere ersetzen und so zu neuen Lederarten kommen zu wollen. Eine Betrachtung der Verhältnisse durch Sachverständige lehrt, dass von solchen Basen ernstlich nur Eisenoxyd und Chromoxyd in Anwendung kommen können, und mit beiden hat man wirklich Leder hergestellt. Die grossen Fabriken, die für diese Fabrikation in Europa zu Ende der siebziger Jahre gebaut worden sind, haben aber niemals brauchbare Produkte zu liefern vermocht, und sind alle sehr bald zu Grunde gegangen, während in Amerika, wie aus einem im Dezember 1895 entschiedenen Patentprozess hervorgeht, Chromleder hergestellt wird.

Nun haben wir noch die Sämisch- oder Ölgerberei zu besprechen. Auch für diese werden die Felle enthaart und geschwellt, und hernach mit Fett, namentlich Thran, eingerieben, und hierauf tüchtig gewalkt. Das Einreiben mit diesen Mitteln wird so lange wiederholt, als noch Fett resorbiert wird. Seine Aufnahme erfolgt nicht nur mechanisch, sondern es tritt auch eine chemische Umwandlung ein, die das Ende des Prozesses an einem sich alsdann entwickelnden bestimmten Geruch erkennen lässt. Ist dieser Punkt erreicht, so überlässt man die Häute in grösseren Haufen einige Zeit sich selbst, wobei sie sich durch die fortgehende chemische Umsetzung erwärmen, welche Temperatursteigerung andererseits wieder den chemischen Prozess unterstützt, unter dessen Einfluss sie sich schliesslich anfangen gelb zu färben. Dabei hüllt das Fett die Fasern der Haut allmählich so ein, dass diese

Digitized by Google

hernach nicht mehr zusammenkleben, wir es also mit einem wirklichen Leder zu thun haben, und andererseits ist die Bindung zwischen Fasern und Fett eine so innige, dass selbst heisses Wasser sie nicht mehr zu lösen imstande ist, weshalb solches Leder auch geradezu Waschleder heisst. Zur Entfernung des ihm nach beginnender Gelbfärbung noch anhängenden Überschusses an Fett, welcher nicht chemisch gebunden worden ist, wird es sodann mit Pottaschelösung durchgewaschen. Mit letzterer bildet dieser Überschuss eine Emulsion, und geht auf diesem Wege in das Wasser über.

Stumpft man in der Flüssigkeit hernach die Pottasche durch eine Säure ab, so kann das Fett nicht im Wasser emulgiert bleiben, und schwimmt deshalb wieder oben auf. Gerade dieses Fett eignet sich erfahrungsgemäss besonders gut zum Einschmieren von lohgarem, also nach dem von uns zuerst beschriebenen Verfahren gegerbtem Leder, und ist unter dem Namen Dégras Handelsware.

Erwähnt sei, dass man auch nach dem Verfahren der Sämischgerberei Pelzwerk herstellt.

Im Anschluss an das Leder ist noch das Pergament zu besprechen, wenn es auch eigentlich nicht hierhergehört. Pergament ist nämlich kein Leder, wofür es oft gehalten wird, sondern wird so dargestellt, dass die Felle ganz junger Tiere durch Kalk enthaart, und nun nicht gegerbt, sondern nach möglichster Reinigung straff aufgespannt getrocknet werden. Zur Herstellung der glatten Oberfläche, die wir am fertigen Produkt zu sehen gewohnt sind, werden sie mit Kreide bestreut und mit Bimsstein abgeschliffen. Das so erhaltene Pergament ist für Schreibzwecke zu glatt, und soll es nicht zu Büchereinbänden, Trommelfellen und ähnlichem Verwendung finden, so wird es meist mit dünner weisser Ölfarbe bestrichen, um als Schreibunterlage dienen zu können.

Wir kommen jetzt auf die Gespinstfasern zurück, indem wir noch ihr Bleichen und Färben zu besprechen

Digitized by Google

haben. An letzteres sollen sich dann Mitteilungen über die Malerei anreihen.

Wie die Natur die Gespinstfasern liefert, sind sie grösstenteils, was wir schon erwähnten, weiss oder fast weiss, wie Leinen oder Baumwolle, auch die Wolle ist zumeist kaum gefärbt etc.

Das Tragen ganz weisser Stoffe wäre aber wegen des bald nicht mehr sehr erfreulichen Äusseren derselben wenig angenehm, auch lässt sich mit gefärbten Stoffen ein schöneres und vornehmeres Aussehen erzielen, galt ja der Purpurmantel von jeher als die Tracht der Vornehmsten. Vollkommen weiss liefert übrigens die Natur die wenigsten Gespinstfasern, zumeist haftet ihnen ein Stich ins Gelbe an, und den sucht man durch das Bleichen in der Sonne zu entfernen. So wie das Sonnenlicht die meisten Farben auszieht, wie man zu sagen pflegt, sie also zerstört, so bringt es auch diese Gelbfärbung zum Verschwinden. Man unterstützt den Übergang des Gelb in reines Weiss noch durch das Bläuen, z. B. bei der Wäsche. Gelb und Blau sind nämlich Komplementärfarben, heben also einander auf.

Nachdem im Laufe der Zeit die Herstellung der leinenen und baumwollenen Gewebe der Thätigkeit der einzelnen Hausfrauen entzogen worden war, und der Fabrikbetrieb sich derselben bemächtigt hatte, stellte sich für diesen die Notwendigkeit sehr grosser Bleichplätze heraus, eine für die Fabrikanten recht unbequeme und kostspielige Zugabe. Bei der jetzigen Ausdehnung der Fabrikation, die andererseits in gewissen Gegenden besonders lebhaft betrieben wird, wäre die Beschaffung der nötigen Bleichplätze geradezu eine Unmöglichkeit. Da hat denn die Chemie geholfen, und heute werden nach Entdeckung der künstlichen Bleiche alle leinenen und baumwollenen Gewebe innerhalb der Fabriken gebleicht. Das hauptsächlichste Bleichmittel ist der Chlorkalk.

Der wirksame Bestandteil im Chlorkalk ist das Chlor, ein im freiem Zustande gelbes Gas, das ein ausserordentliches Bestreben sich mit anderen Substanzen zu vereinigen

Digitized by Google

hat. Als es im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts entdeckt worden war, hielt man es nicht sogleich für ein Element, wie das heute der Fall ist, und da es noch sehr viel energischer wirkt als der Sauerstoff, das aktivste Gas, das man bis dahin kannte, wollten manche eine Art von neuem Sauerstoff in ihm sehen. Namentlich die französischen Chemiker sprachen viel vom nouvel oxygène.

Infolge seiner energischen Wirkung auf die verschiedenartigsten Stoffe zerstört es auch die meisten Farben. Nun ist mit Gasen im Fabrikbetrieb schlecht arbeiten, und so bedient man sich zum Bleichen nicht des Chlorgases selbst, sondern jener Verbindung, die es mit Kalk eingeht, wenn es über diesen geleitet wird. Diese führt den Namen Chlorkalk, und ist zuerst 1799 von Tennant in Glasgow dargestellt worden. 1000 Kilogramm kosteten anfangs 2800 Mark, 1825 kosteten sie nur noch 540 Mark, 1870 170 Mark. Ihr Wert sank dann bis 100 Mark und mag jetzt wieder 180 Mark betragen.

Die bleichende Wirkung des Chlorkalks, oder wie wir natürlich richtiger sagen müssen, seine chemische Energie zerstört nun in kürzester Zeit die erwähnte schwachgelbe Färbung weisser Leinen- oder Baumwollgewebe ebenso vollkommen wie die Rasenbleiche. Aber damit erschöpft sich die Kraft des Chlorkalks nicht. Nach der Zerstörung der Farbe kommt die Zerstörung der Faser, die er ebenfalls angreift, und daher hat sich dieses Bleichen bei den Hausfrauen bis auf den heutigen Tag nicht einzuführen vermocht.

In den Fabriken liegt die Sache ganz anders. Sobald die Stoffe gebleicht sind, macht man dort den Überschuss des Chlors mit Antichlor unwirksam, und so geschieht der Faser nicht das geringste durch diesen Prozess. Würden die Hausfrauen ebenfalls Antichlor anwenden und die nötige Erfahrung haben, so hätten sie keinen Grund, sich dieser bequemen Bleichmethode nicht zu bedienen.

Als Antichlor können sehr verschiedene chemische Stoffe dienen. Zumeist nimmt man unterschwefligsaures Natron. Dies Salz thut an und für sich der Wäsche nichts, und sobald es mit Chlorkalk in Berührung kommt, geht

Digitized by Google

es in andere Verbindungen über, die ebenfalls für die Wäsche völlig unschädlich sind, während der Chlorkalk seinerseits beim Zusammentreffen mit ihm in das ganz unschuldige Chlorcalcium übergeführt wird.

Aber wie oft riecht von Waschfrauen gelieferte Wäsche nach Chlor. So misshandelte Tücher können natürlich nicht lange halten, da ihre Faser geradezu zerfressen wird, die Verwendung von ein wenig Antichlor würde diesen Übelstand also völlig beseitigt haben.

Ausser Chlorkalk ist noch das Eau de Javelle als Bleichwasser im Handel. In chemischer Beziehung ist seine Wirkung identisch mit der des Chlorkalks, von dem es sich nur dadurch unterscheidet, dass in ihm an Stelle von Kalk Natron vorhanden ist. Verwendet man es, und es ist ja ein ziemlich beliebtes Mittel zum Entfernen von Flecken, die also, wie wir jetzt wissen, von ihm geradezu zerstört werden, so muss man ebenfalls auf die gereinigte Stelle hernach Antichlor, also z. B. ein wenig in Wasser gelöstes unterschwefligsaures Natron giessen, weil sonst auch hier die Faser sehr leidet, und der gereinigte Stoff an Stelle der Flecken bald Löcher aufweisen wird.

Zum Bleichen von Wollstoffen kann der Chlorkalk nicht dienen, weil er sie nicht völlig bleicht, sondern nur gelb färbt. Zu ihrer Entfärbung bedient man sich deshalb der schwefligen Säure, die dieses erfahrungsgemäss bei der tierischen Faser in genügendem Masse thut, wenn sie auch kein so energisches Bleichmittel wie der Chlorkalk ist. Die schweflige Säure ist jenes scharf riechende Gas, welches sich beim Brennen des Schwefels entwickelt. Da sie im Wasser sehr löslich ist, arbeitet man mit ihr meist so, dass man die zu bleichenden Stoffe nass in einer Kammer aufhängt, in der man dann Schwefel abbrennt, so dass auf diesem Wege die schweflige Säure an die nassen Stoffe gelangt. Ein besonderes Gegenmittel zur Zerstörung des Überschusses ist hier nicht nötig, weil bei diesem Verfahren doch nur sehr wenig schweflige Säure an die einzelnen Stoffe kommt.

Digitized by Google

Zum Schluss müssen wir noch eines Bleichmittels gedenken, das, wenn es auch sehr häufig erwähnt wird, die bisher genannten, mangels besonderer Vorzüge, trotz aller darauf verwendeten Mühe in keiner Weise zu verdrängen vermochte. Dies Mittel ist das Wasserstoffsuperoxyd. Wir haben öfters gehört, dass das Wasser eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff ist, folglich kann es bezeichnet werden als Wasserstoffoxyd H_2O (siehe Seite 8). Nun gelingt es an dasselbe mittelst gewisser Verfahren noch ein zweites Sauerstoffatom heranzubringen, und dann haben wir unser Wasserstoffsuperoxyd H_2O_2.

Man erzielt allerdings manche Resultate mit ihm, die mit Chlorkalk oder schwefliger Säure überhaupt nicht zu erreichen sind, so bleicht es, was jene nicht vermögen, Haare, Federn und Elfenbein völlig, und hierfür findet es deshalb auch Verwendung.

Da es nach einem vor einigen Jahren erfundenen neuen Verfahren jetzt sehr billig herzustellen ist, ist ihm vielleicht allmählich eine grössere Wirksamkeit beschieden.

Wir gehen nunmehr zum Färben der Gespinste über. Dieses zerfällt in zwei grosse Abschnitte, nämlich in die gleichmässige Färbung ganzer Stoffe und in den Zeugdruck.

Das Färben ganzer Stoffe könnte am einfachsten so erfolgen, dass man die betreffenden Farben mit Leimwasser anrührt, und die Stoffe dann mit dieser Mischung bestreicht, die Haltbarkeit würde aber eine sehr geringe sein, und nass werden dürfte solch ein Stoff gewiss nicht.

Während dies wohl mehr ein Anstreichen als ein Färben ist, wird die Haltbarkeit etwas besser, wenn man die Farbstoffe in Eiweiss, wie das in der Praxis manchmal geschieht, einrührt, mit der Mischung das Gewebe bestreicht und hernach erwärmt. Indem das Eiweiss coaguliert, wird es wasserunlöslich, und die Farbstoffe sind hierdurch ziemlich gut befestigt. Reibt man solchen Stoff aber stark, so wird er sehr abfärben. Das Verfahren spielt wohl eine gewisse Rolle im Zeugdruck, ein eigentliches Färben ist es auch nicht.

Digitized by Google

Das eigentliche Färben ist nur ausführbar, wenn die Farbstoffe in gelöster Form auf die Fasern einwirken. Hierbei giebt es aber ausserordentlich grosse Unterschiede, und zwar weil die tierischen Fasern wie Wolle und Seide sich gegenüber den meisten Farbstoffen sehr verschieden von den pflanzlichen verhalten. Von letzteren kommt hauptsächlich Baumwolle in Betracht.

Löst man einen Farbstoff, sagen wir Fuchsin, in Wasser auf, und zieht durch seine Lösung Wolle und Seide, so wandert er allmählich aus der Flüssigkeit in die Fasern, die sich dadurch schön rot färben. Die Fasern spielen hier etwa die Rolle, wie wir sie von der Tierkohle (siehe Seite 41) als entfärbendem Mittel kennen gelernt haben. In gleicher Weise wie die Kohle gefärbten Flüssigkeiten ihren Farbstoff entziehen kann, indem sie ihn an sich reisst, vermögen auch tierische Fasern aus Lösungen Farbstoffe aufzunehmen und dauernd festzuhalten, so dass sie hernach gefärbt erscheinen.

Legt man aber Baumwolle in eine Fuchsinlösung, so sehen wir, dass der pflanzlichen Faser die Eigenschaft mangelt, den Farbstoff festhalten zu können. Waschen wir nämlich schliesslich die rotgefärbte Wolle oder Seide mit noch so viel Wasser, so behalten sie ihre Farbe, während die Baumwolle bei gleicher Behandlung wieder vollkommen entfärbt wird.

So bequem, wie wir es hier geschildert haben, ist nun aber die Woll- und Seidenfärberei durchaus nicht mit allen Farbstoffen. Auch bei ihr muss man häufig jenen Umweg anwenden, der in der Baumwollfärberei bis zum Jahre 1884 der einzig gangbare war. Man muss Beizen benutzen. Was diese sind, wird uns durch folgende Auseinandersetzung am besten klar werden.

Wenn wir zu einer Lösung von Blutlaugensalz eine Eisenlösung giessen, so bekommen wir jenen wundervoll blauen Niederschlag, den man Berliner Blau nennt.

Wollen wir einen Stoff mit dieser Farbe färben, so verfahren wir sicher am besten so, dass wir ihn erst in die eine Lösung und dann in die andere tauchen. Hat er

Digitized by Google

sich in der ersten Flüssigkeit mit Eisenlösung vollgesogen und bringen wir ihn sodann in die Blutlaugensalzlösung, so wird jetzt der blaue Niederschlag sich in den Fasern bilden, folglich innerhalb dieser sich befinden, und er, der im Wasser ganz unlöslich ist, wird auch durch noch so viel Wasser nicht mehr herauszubringen sein, und ebensowenig wird er abfärben. Kurzum auf diesem Wege ist das betreffende Gespinst jetzt wirklich gefärbt.

Auf den Vorgang, wie er sich hier abspielt, kommt nun auch die Verwendung der Beizen hinaus. Will man mit ihrer Hilfe färben, so taucht man den Stoff zuerst in eine Flüssigkeit ein, die man eben Beize nennt. Sie ist meist farblos oder kaum gelblich gefärbt, aber durch sie kommt in die Faser eine Substanz, die mit dem eigentlichen Farbstoff hernach in der Faser die gewünschte unlösliche gefärbte Verbindung bildet.

Zu Beizen dient zum Beispiel sehr viel die an sich ganz farblose Thonerde. Schon in der Gerberei sahen wir (siehe Seite 142), dass sie Verbindungen mit der Faser der tierischen Haut eingeht, und in gleicher Weise zeigt sie ein Vereinigungsbestreben sowohl zu tierischen wie pflanzlichen Gespinststoffen, wenn man diese durch eine passend gewählte Lösung von ihr zieht.

Da in älteren Zeiten der Alaun, welcher doch ein Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Thonerde (siehe Seite 141) ist, das einzig bequem zugängliche in Wasser lösliche Thonerdesalz war, spielt er von immerher eine grosse Rolle in der Färberei. Er ist seit uralten Zeiten an einzelnen Stellen Europas leicht aus dort vorkommenden Erdarten zu gewinnen gewesen. Das schwefelsaure Kali in ihm ist für Zwecke der Färberei vollständiger Ballast, und längst hat die Chemie ihn jetzt in ihr durch die verschiedenartigsten anderen wasserlöslichen billigeren Thonerdesalze ersetzt. Hat man also z. B. Baumwolle in der Thonerdelösung gebeizt, und zieht sie nunmehr durch die vorhin erwähnte Fuchsinlösung, so erhält man das Gespinst echt rot gefärbt. Denn jetzt sitzt in den Fasern das Fuchsin unlöslich gebunden an Thonerde, ganz ähnlich so, wie wir es beim Färben

Digitized by Google

mit Berliner Blau von dieser Farbe sahen, und daher kann es durch Waschen mit Wasser nicht mehr entfernt werden.

Die Verbindungen zwischen der Beize und dem Farbstoff führen den Namen Farblack. Den Lack können wir natürlich auch ohne die Faser herstellen. Wenn wir z. B. zur geeigneten Thonerdelösung direkt Fuchsinlösung giessen, erhalten wir ihn als roten Niederschlag. Trocknen wir so dargestellte Lacke, und reiben sie hernach mit Firnis (siehe weiterhin Seite 162) an, so haben wir Malerfarben, mit denen wir Flächen in gewünschter Weise anstreichen können.

Die Thonerde ist eine Base, und ganz wie sie lässt sich eine grosse Reihe anderer Basen für Färbereizwecke verwerten. Während in der Lederfabrikation sie allein brauchbar ist (siehe Seite 143), liegt hier also die Sache ganz anders. Hier spielen die schon bei jener genannten Basen, Eisenoxyd und Chromoxyd, als Beizen wirklich eine wichtige Rolle, aber nicht nur sie, sondern noch eine grosse Anzahl anderer Oxyde eignen sich zum Festhalten der Farben in der Faser. So z. B. das Zinnoxyd, das man in Form einer Lösung von Zinnchlorür oder als sogenannte Zinnkomposition verwendet.

Das Zinn ist noch heute ein nicht gerade billiges und war früher sogar ein recht kostbares Metall. Zur Zeit Heinrichs des achten von England war noch sein Wert dem des Silbers gleich, so dass zinnerne Becher keinen geringeren Tafelschmuck als silberne bildeten. Nachdem man aber im Jahre 1640 in Holland zufällig gefunden hatte, dass mit einer Lösung von Zinn gebeizte Stoffe, wenn sie nachher mit Cochenille gefärbt werden, den schönsten Scharlach liefern, den die Welt bis dahin gesehen hatte, fing es an, eine grosse Rolle in der Färberei zu spielen, zumal sich später herausstellte, dass es auch auf den Glanz vieler anderen Färbungen günstig einwirkt. Wenn auch seit etwa fünfzehn Jahren mit Hilfe von Anilinfarbstoffen noch weit schönere Scharlachfärbungen als mit Cochenille herstellbar sind, so wird deswegen doch das Zinn

Digitized by Google

seine Rolle in der Färberei behalten, weil es nun einmal ein sehr geeignetes Fixationsmittel für die verschiedenartigsten Farben ist.

Ausser den in den Fasern sich niederschlagenden Metalloxyden, von denen wir die allerwichtigsten jetzt kennen gelernt haben, spielt noch das Tannin eine grosse Rolle als Beize. Das Tannin findet sich bis zu 50 Prozent in den Galläpfeln, die sich als krankhafte Auswüchse auf den Eichenarten infolge des Stiches von Insekten bilden. Es giebt ebenfalls mit vielen Farbstofflösungen direkt Farblacke, so dass also Stoffe, die man mit ihm imprägniert, echt gefärbt werden können. Man kann aber auch die mit Tannin behandelten Stoffe noch durch Lösungen von Thonerde und ähnlichen Oxyden ziehen. Dann bekommt man in der Faser zunächst eine Verbindung von Tannin mit Thonerde z. B., und auf diesem Doppelwege vorgebeizte Stoffe geben mit einer Unzahl von Farblösungen Lacke, die also aus Tannin, Metalloxyd und dem Farbstoff bestehen. Kurzum gerade mit Hilfe des Tannins kann man die allermerkwürdigsten Resultate erzielen.

Wir sagten oben, dass es bis zum Jahre 1884 ohne Beize brauchbare Farben für Baumwolle gar nicht gegeben hat, und das Färben mit Beizen erfordert, so einfach es auch in der Theorie erscheint, grosse Übung.

Namentlich jenes berühmte Rot, welches als Türkischrot bezeichnet wird, auf Baumwolle zu erzielen, ist schwer. Diese Art der Färberei ist dadurch eigentümlich ausgezeichnet, dass zur Herstellung ihrer Beize Öl verwendet werden muss. Der gebeizte Stoff wird schliesslich im Alizarinbade — auf diesen Farbstoff kommen wir noch zurück — ausgefärbt. Diese Rotfärberei ist im Orient seit langem bekannt. Ihre volle Ausbildung hat sie aber erst in Europa erfahren, und haben die hier nach diesem Verfahren gefärbten Baumwollzeuge sich längst den Orient erobert. Speziell von auf diesem Wege gefärbten Tüchern werden ungeheure Mengen dort verbraucht.

So war es denn ein für diese Industrie höchst bedroh-

Digitized by Google

licher Fortschritt, als plötzlich ein Rot, das Kongorot, auftauchte, welches Baumwolle direkt färbt. Will also, sagen wir eine indische Frau, ein rotes Tuch haben, so braucht sie jetzt nur etwas Kongorot in Wasser zu lösen, und das Baumwollzeug kurze Zeit darin liegen zu lassen, um es rotgefärbt wieder herauszunehmen. Wenn dieses Rot auch im Gegensatz zum Türkischrot sehr unecht ist, so hat das nicht viel zu sagen, eine Wiederholung der einfachen Prozedur liefert das Tuch ja neuerdings von der begehrten Farbe.

Man bezeichnet nun direkt, also ohne Beizen färbende Farbstoffe als substantive, und das Kongorot ist der erste substantive Baumwollfarbstoff gewesen, ihm sind dann sehr bald ungezählte andere in allen Nüancen gefolgt.

In der Chemie der Teerfarbstoffe spielten als Zwischenprodukte der Fabrikation seit langem schon sogenannte Diazoverbindungen eine grosse Rolle. Körper dieser Klasse sind unglaublich reaktionsfähig, d. h. zum Eingehen neuer Verbindungen geneigt. Man war mit den Studien der praktischen Verwertbarkeit von mit ihrer Hilfe darstellbaren Farben noch an den meisten Orten beschäftigt, als anderwärts schon ein Schritt weiter gegangen wurde. Man kann nämlich Körper herstellen, die die Diazogruppe zweimal in sich haben, die also wiederum noch ausserordentlich viel reaktionsfähiger als ihre immerhin nur halb so begabten Verwandten sein müssen. In der wissenschaftlichen Welt waren lange einzelne von ihnen bekannt und für rein theoretische Zwecke benutzt worden. Die Arbeiten nun, die sie, welche den Klassennamen Bisdiazo- oder auch Tetrazokörper führen, auf ihre Verwendbarkeit in technischer Beziehung untersuchten, führten zur Entdeckung jener die Baumwolle direkt färbenden Farbstoffe.

Wir können uns, da uns alle Vorkenntnisse fehlen, unmöglich weiter auf das Gebiet der Teerfarbstoffe, die im Publikum auch den Namen Anilinfarben führen, wagen. Nur für den im Besitze sehr reichlicher chemischer Kenntnisse Befindlichen ist dieses Kapitel überhaupt noch verständlich. Jedoch das sei hervorgehoben, Teerfarbstoffe in dem Sinne, wie sich das Publikum sie öfters denken mag,

Digitized by Google

sind sie nicht, jene dicke schwarze Masse, die den Namen Teer führt, kann nicht direkt auf Farben verarbeitet werden.

Sie wird für diesen Zweck zuerst destilliert, wozu wir uns eines Apparates bedienen können, wie wir ihn z. B. zur Destillation des Weines (siehe Seite 25) benutzten.

Dies that für wissenschaftliche Zwecke als erster der deutsche Chemiker Runge 1834, und seine damaligen Arbeiten bilden die Grundlage der heutigen Teerfarbenindustrie. Erhitzt man den Teer in einem solchen Destillationsapparat, so gehen, wie dort der Geist des Weines, hier eine Zeit lang wasserhelle Öle über. Diese bilden nun schon eine der Grundlagen der Teerfarbenindustrie, dann kommen Destillate, die zum Teil beim Abkühlen wieder erstarren. Aus diesen gewinnt man die Carbolsäure, deren Entdecker ebenfalls Runge ist, weiterhin das Naphthalin, und noch eine Reihe anderer Stoffe, von denen wir noch das Anthracen, weil wir hernach auf dieses zurückkommen müssen, erwähnen wollen. In der Destillierblase hinterbleibt schliesslich, wenn lange genug destilliert worden ist, eine Koks ähnliche Masse, die als Brennmaterial dient.

Von den Farbstoffen selbst wollen wir ausführlicher nur den Indigo und das natürliche und künstliche Krapprot besprechen.

Der seit den ältesten Zeiten bekannte blaue Farbstoff, welcher den Namen Indigo führt, wird von jeher in Indien aus dem Safte einiger nahe miteinander verwandten Pflanzen gewonnen. Der Saft selbst ist farblos, aber beim Stehen an der Luft scheidet sich allmählich, infolge eines Oxydationsprozesses, also unter dem Einfluss des Sauerstoffs derselben, der blaue Farbstoff aus ihm ab.

Nun giebt es in Mitteleuropa eine Pflanze, welche den Namen Waid führt, deren Saft ebenfalls beim Stehen etwas Indigo liefert, aber sehr viel weniger als jene indischen Pflanzen, nämlich nur 0,3 Prozent. Bei den mangelhaften Verbindungen mit dem Orient aber färbte man in alten Zeiten in Europa ausschliesslich mit diesem aus der inländischen Pflanze gewonnenen Produkt. Da der Bedarf an dem blauen Farbstoff kein unbedeutender war, erreichte

Digitized by Google

der Waidbau in manchen Gegenden eine bedeutende Ausdehnung, und brachte sie zu grosser Wohlhabenheit. Schon um 1300 war er speziell in der Erfurter Gegend gross, und diejenigen Bürger, die überhaupt das Recht Waid anzubauen hatten, hiessen Waidjunker, und noch um 1600 herum beschäftigten sich mehrere hundert thüringische Dörfer mit seiner Kultur.

Schliesslich konnte sich sein Anbau gegenüber dem billigeren indischen Indigo aber nicht halten, wenn auch Fürsten und Städte nicht nur durch Schutzzölle, sondern geradezu durch Einfuhrverbote ihn zu retten versuchten. So liessen die Nürnberger lange Zeit ihre Mitbürger alljährlich einen Eid leisten, keinen ausländischen Indigo verwenden zu wollen. Es geschah somit jener Zeit das für den Waid, was unsere heutigen Agrarier hinsichtlich des Getreides und des Einfuhrverbotes für ausländisches Vieh erstreben.

Der indische Indigo beherrscht also seit den besseren Verbindungen mit dem Orient die Welt, aber es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass das noch lange der Fall sein wird. Erstens giebt es dem Teer entstammende blaue Farbstoffe, die es an und für sich hinsichtlich Schönheit und Echtheit mit ihm aufnehmen können, und zweitens ist seine künstliche Darstellung von von Baeyer durch eine Reihe von bewundernswert scharfsinnigen Arbeiten im Jahre 1880 vollständig gelöst worden. Nur war seine Herstellung auf diesem Wege, für den ebenfalls Teerprodukte das Ausgangsmaterial sind, noch teurer, als sich das Naturprodukt stellt. In Anschluss an jenes erste Verfahren wurden aber eine ganze Reihe anderer Methoden zu seiner Synthese d. h. seiner künstlichen Herstellung durchgeführt, und seit Oktober 1897 nach siebzehnjähriger Weiterarbeit, ist künstlicher Indigo zu geeignetem Preise im Handel.

Die Gewinnung des Indigo aus Waid in Europa hatten also schon vor Jahrhunderten die verbesserten Verkehrsverhältnisse zwischen Indien und diesem zum Erliegen gebracht. Die Fortschritte der Chemie auf dem Gebiete der Herstellung von Farben in den letzten zwanzig Jahren haben

Digitized by Google

aber die Kultur einiger weiterer solcher Pflanzen nicht nur auf einem Teil, sondern auf der ganzen Erde unlohnend gemacht.

Die bekannteste von diesen Pflanzen ist der Krapp, die sogenannte Färberröte, mit der man die verschiedenartigsten Farben, hauptsächlich aber ein schönes Rot herzustellen vermag. Sie wurde im ganzen südlichen Europa bis nach Baden hinein, aber ebensogut in Kleinasien und anderwärts angepflanzt. Für die Färberei braucht man ihre Wurzeln, und diese führen im Orient den Namen Alizari, von dem unser Ausdruck Alizarin stammt.

In dieser Wurzel steckt eine Reihe von Farbstoffen, und obgleich man seit dem Jahre 1823 sich ernstlich mit ihrer chemischen Untersuchung beschäftigte, waren bei der Schwierigkeit des Themas die Erfolge lange Zeit nur sehr geringe. Erst im Jahre 1868 gelang es Gräbe und Liebermann zu konstatieren, dass der Hauptfarbstoff, der den Namen Alizarin führt, im Zusammenhang steht mit dem Anthracen, jenem Kohlenwasserstoff aus Steinkohlenteer, den wir vorhin erwähnten.

Weiter ergab sich dann, dass das Alizarin im chemischen Sinne ein Bioxyanthrachinon ist, und nun gelang es im Anschluss an diese rein wissenschaftliche Leistung, jenen Teerkohlenwasserstoff also das Anthracen in das Alizarin überzuführen.

Sofort wandte sich die Industrie der Herstellung des Farbstoffes zu. Nachdem noch unendlich viele Mühe aufgewendet worden war, weil die ursprünglich im Laboratorium für die Gewinnung des Farbstoffes gebrauchten Methoden sich wenig für die Darstellung im grossen eigneten, und in den Fabriken durch passendere ersetzt werden mussten, hat die Gewinnung des künstlichen Alizarins allmählich eine wohl nicht mehr zu übertreffende Höhe erreicht. Mit diesem Kunstprodukt kann das Naturprodukt hinsichtlich der Wohlfeilheit nicht konkurrieren, und hat infolgedessen also der Anbau der Krapppflanze in der ganzen Welt aufgehört.

Wenn beim Aufkommen des Verfahrens an ihm allseitig besonders gerühmt wurde, dass es weite, bis dahin

Digitized by Google

mit Krapp bebaute Strecken Landes, wiederum dem Getreidebau zurückerobert habe, und so zur Vorbeugung von Hungersnöten beitrage, so ist das eine Anschauung über eine Nebenleistung dieser grossen Errungenschaft auf chemischem Gebiete, die wir beim heutigen Getreideüberfluss, der ein fortwährendes Suchen nach neuen lohnenderen Anbauobjekten für die Landwirtschaft zur Folge hat, kaum teilen; derartig haben sich volkswirtschaftliche Grundanschauungen in den letzten dreissig Jahren geändert, die man als für alle Zeiten dauernd ansah und ansehen musste.

Es wurde schon erwähnt, dass man mit Krapp, also auch mit Alizarin, eine Reihe von Farben erzeugen kann, ihr schliessliches Aussehen hängt nämlich von den Beizen ab. Mit der Thonerdebeize erhält man das Rot, Eisenbeizen erzeugen dunkle Töne, die völlig in schwarz übergehen, wenn reichlich Eisen angewendet ist, Chrombeizen liefern ein Violett etc.

Damit kann man nun sehr überraschende Wirkungen erzielen. Tränkt man z. B. ein Baumwollenzeug reihenweise mit verschiedenen Beizen, so ist nach dem Trocknen derselben, da sie alle farblos oder fast farblos sind, kaum etwas von ihnen zu bemerken. Taucht man den so vorbereiteten Stoff aber dann in Wasser, dem man künstliches Alizarin, eine gelblich aussehende Paste, zusetzt und kocht kurze Zeit, so zeigt jetzt das Tuch eine ganze Farbenskala. Alizarin kommt wie viele Farben als Paste, d. h. mit hohem Wassergehalt in den Handel, weil das trockene Alizarin sich so schlecht wieder im Wasser verteilt, dass diese Verteilung den Färbern grosse Mühe machen würde.

Zu erwähnen haben wir noch die ebenfalls unserer Zeit angehörigen Farbholzextrakte. Auch die wässrigen Auszüge vieler namentlich in den Tropenländern wachsenden Hölzer, wie Campècheholz oder Fernambukholz etc., können auf gebeizten Stoffen Farben erzeugen, also in der Färberei Verwendung finden. Ersteres Holz heisst deswegen auch Blauholz, letzteres Rotholz. Um nun an

Digitized by Google

Transportkosten zu sparen, stellt man, meist in Hafenorten, auf ganz demselben Wege, den wir schon bei den Gerbstoffextrakten (Seite 140) beschrieben haben, konzentrierte Extrakte aus ihnen dar, die die Färber sodann benutzen. Auch für sie bilden die Teerfarbstoffe eine gefährliche Konkurrenz, der sie wohl mit der Zeit erliegen werden. Sind doch, ausser dem erwähnten Krapp, die Farbstoffe Cochenille, Orseille und Curcuma bereits ganz verdrängt, und giebt es jetzt schon viele so echte und schöne Tetrazofarbstoffe (siehe Seite 153), dass sie an Echtheit und Schönheit den Farbhölzern und ihren Extrakten überlegen sind.

Deutschland steht hinsichtlich der Teerfarbenfabrikation an der Spitze aller sie produzierenden Staaten, und die Ausfuhr deutscher Teerfarben erstreckt sich über die gesamten Länder der Welt. Sie hatte 1890 einen Wert von 34,8 Millionen, und war 1894 schon auf 53,2 Millionen Mark gestiegen, so dass in vier Jahren eine Steigerung des Exports um 50 Prozent stattfand. Da nun diese vier Jahre für die Textilindustrie nicht besonders günstig gewesen sind, und sie sich daher in dieser Zeit nicht viel ausgedehnt hat, können die Ursachen der gewaltigen Zunahme im Verbrauch von künstlichen Farbstoffen nur in den glänzenden Leistungen dieser Industrie gesucht werden, welche die Farben anderen Ursprungs immer mehr verdrängen.

Von Teerfarbstoffen finden zur Zeit über 400 in der Färberei Verwendung, die je nach den Beizen noch sehr verschiedene Färbungen geben können. Das ist eine verschwindende Zahl gegenüber der Unsumme der bereits dargestellten Farbstoffe dieser Art. Aber auch hier sind die Ansprüche an Licht- und Waschechtheit schon so sehr gestiegen, dass eigentlich nur noch Farben, welche diesen Ansprüchen in hohem Grade genügen, Aussicht haben, in der Praxis Verwendung zu finden.

Nun auch noch einiges über gemusterte resp. mit Mustern bedruckte Zeuge.

Ursprünglich sind auf den Stoffen die Muster wohl direkt

Digitized by Google

aufgezeichnet worden. Dann erfand man die Methode, diejenigen Stellen, die ungefärbt bleiben sollen, mit einer für die Farblösung undurchdringlichen Masse zu überziehen, die meist durch Zusammenschmelzen von Wachs und Harz hergestellt wurde, so dass, obgleich die ganzen Stücke in die Farbflotte kamen, das Zeug dennoch schliesslich weisse Muster zeigte.

Hernach kam das Drucken der Muster auf, indem man diese in Holz schnitt, das Holz sodann auf einem mit Farbe bestrichenen Tuch färbte und darauf auf dem zu bedruckenden Stoffe abklatschte. Kurzum genau das Verfahren, nach dem wir im gewöhnlichen Leben die mit Namen versehenen Farbstempel — die jetzt meist aus Kautschuk hergestellt sind — auf Papier abdrucken.

In der Zeugdruckerei ist man jedoch längst zu Maschinen übergegangen, die eine sehr grosse Vollkommenheit erreicht haben. So giebt es solche, die bis 16 Farben in einer Reihe selbstthätig aufeinander folgender Operationen auf einem Stoffe auf einmal herzustellen gestatten.

Digitized by Google

VIII. Vortrag.

Ölmalerei. Trocknende und nicht trocknende Öle. Leinöl. Firnis. Lack. Tinte. Cellulose. Papier. Leimen des Papiers. Strohstoff. Alfastoff. Natroncellulose. Sulfitcellulose. Patentwesen.

Das Anbringen von Mustern auf Zeugen, von dem wir am Schlusse des letzten Vortrages sprachen, leitet uns zur eigentlichen Malerei hinüber. Bei dieser werden die fertig hergestellten Farben mit Leimwasser z. B. angerührt, und auf die Wände aufgetragen. Diese sogenannten Wasserfarben erfüllen in zahlreichen Fällen ihren Zweck, lassen doch aber auch viel zu wünschen übrig, zumal sie nicht nass werden dürfen, ohne zu zerlaufen, also im Freien gar nicht zu verwenden sind.

In der Malerei, sowohl der der Wasserfarben als der Ölmalerei, zu der wir gleich übergehen, verwendet man, im Gegensatz zur Färberei, fast niemals organische Farbstoffe, zu denen die Chemiker auch die Teerfarbstoffe rechnen. Sie sind für die Zwecke der Malerei nicht widerstandsfähig genug gegen die Einflüsse des Lichts und des Wetters, welchem letzteren doch Ölfarben auch oft ausgesetzt werden.

Man verwendet hier fast stets anorganische Substanzen, die mit Hilfe des „Öles“ auf ihrem Untergrunde befestigt werden. Denken wir uns z. B. einen Ziegelstein aufs feinste gemahlen, so würde das erhaltene Pulver doch schliesslich eine fast unzerstörbare rote Farbe repräsentieren; nun diese speziell ist so wenig schön, dass sie niemand verwenden wird, aber in ähnlicher Weise werden in der Natur vorkommende gefärbte Materialien benutzt, oder durch

Digitized by Google

Glühen dieser resp. durch Zusammenschmelzen verschiedener Substanzen gefärbte Massen hergestellt, die hernach auf dem gleichen Wege als Farbstoffe brauchbar gemacht werden. So färbt sich Glas, wenn man ihm Kobalt während der Fabrikation zusetzt, blau, und mahlt man es hernach fein, so erhält man die „Smalte“ als eine, wie wir uns sagen können, ausserordentlich beständige Farbe. Auch viele beim Zusammenbringen der Lösungen zweier Salze entstehenden Niederschläge, die also in Wasser unlöslich sind, sind sehr brauchbar, so liefern Lösungen von chromsaurem Kali und essigsaurem Blei das chromsaure Blei, welches unter dem Namen Chromgelb Verwendung findet etc.

Hinsichtlich der Ölmalerei ist vor allem folgendes zu bemerken. Ölfarben können durchaus nicht mit jedem Öl hergestellt werden. Denken wir an Olivenöl, so wissen wir, dass dieses die sogenannten Fettflecke d. h. nie eintrocknende Flecke giebt, also z. B. mit diesem angeriebene Farben würden überhaupt nicht trocknen.

Die Öle zerfallen nämlich in zwei grosse Klassen, in nicht trocknende und trocknende Öle.

In den nicht trocknenden, wie also dem Olivenöl, finden sich, wie wir das schon wissen (siehe Seite 19), hauptsächlich Ölsäure und Glycerin, und zwar dieselbe Ölsäure, die auch einen Bestandteil der tierischen Fette, wie des Rindertalgs etc. bildet. Die trocknenden Öle enthalten dagegen an ihrer Stelle andere Säuren, die meist nach dem betreffenden Material benannt werden. So enthält das Leinöl, welches zu den trocknenden gehört, die Leinölsäure. Leinöl ist das Öl, welches man durch Auspressen der Leinsamen erhält. Samen sind, wie wir auch schon wissen (siehe Seite 58) stets sehr ölreich, und Leinsamen speziell liefern etwa 22 Prozent von ihm beim Kaltpressen, beim Heisspressen sogar 28 Prozent.

Beide Sorten Ole, also sowohl die trocknenden wie die nicht trocknenden, sind bei längerem Stehen an der Luft nicht ganz unveränderlich. Olivenöl und ähnliche werden ranzig, die trocknenden Öle dagegen gehen, namentlich wenn sie dünn aufgestrichen werden, in eine harte

Digitized by Google

durchscheinende Masse über. Das Ranzigwerden der nicht trocknenden Ole rührt von ihrem teilweisen Zerfall in freie Fettsäuren und Glycerin her, welchen wie die einen meinen, die feuchte Luft allein schon veranlasst, während andere annehmen, dass hierbei ein Bacillus mitwirkt. Das Festwerden der trocknenden Öle beruht dagegen auf einer Oxydation durch den Luftsauerstoff, durch welche die Leinölsäure und ähnliche Säuren völlig verändert werden.

Erwähnt sei, dass es Öle, wie das Baumwollensamenöl giebt, die sowohl die eigentliche als auch eine trocknende Ölsäure enthalten. Man bezeichnet sie nach ihrem jetzt leicht zu verstehenden Verhalten als schlecht trocknende Öle.

Sehr merkwürdig ist, dass die trocknenden Öle bedeutend rascher trocknen, wenn man ihre Oxydation künstlich einleitet, wenn man sie zu dem Zweck z. B. mit einer Substanz wie Bleioxyd, die Sauerstoff abgeben kann, kocht. „Und mit diesem und ähnlichen Mitteln, — denen man wie dem borsauren Manganoxydul zum Teil eine noch bessere Wirksamkeit nachsagt — gekochtes Leinöl dient mit der betreffenden Farbe angerieben als Ölfarbe in der Ölmalerei.“

Mit Leinöl, dessen Oxydation auf diesem Wege eingeleitet ist, kann man natürlich, ohne dass man es seinerseits mit Farben angerieben hat, auch beliebige Flächen, sie mögen z. B. mit Wasserfarbe vorgestrichen sein oder nicht, anstreichen. Es trocknet dann zu einer durchsichtigen sehr festen glasartigen Haut ein, und solche Gegenstände bezeichnen wir als gefirnisst. Firnis ist aber ein ziemlich weiter Begriff. Im allgemeinen versteht man unter Firnis nicht gekochtes Leinöl allein, sondern die Lösung von Harzen in ihm oder in leicht verdunstenden Mitteln. Die letzteren Lösungen bezeichnet man auch als Lacke, während man unter fetten Lacken wiederum Lösungen von Harzen in Leinöl versteht.

So dient eine Lösung von Schellack in Spiritus als Lack, der die Annehmlichkeit bietet, sehr rasch zu trocknen, weil der Spiritus sich an der Luft schnell ver-

Digitized by Google

flüchtigt. Spirituslacke sind aber weit weniger beliebt als die durch Lösen von Harzen in Terpentinöl (siehe Seite 104) erhaltenen Lacke, weil die nach dem Verdunsten dieses Öles zurückbleibenden dünnen Überzüge viel fester als die, welche Spirituslacke hinterlassen, haften.

Weit dauerhafter jedoch, als die dünnen Überzüge, welche diese Sorten von Lack liefern, sind die Anstriche, welche man bei Benutzung des gekochten Leinöls erhält, in welchem man, um einen richtigen Firnis also fetten Lack zu haben, namentlich Bernstein oder Kopal auflöst.

Der Bernstein, der bekanntlich ein fossiles Harz ist, muss für die Herstellung des Bernsteinlacks vorher geschmolzen werden, da er sich im rohen Zustande im Leinöl nicht löst. Kopal ist ebenfalls ein Harz. Er entstammt einer ganzen Reihe von in heissen Klimaten wachsenden Bäumen. Zum geringen Teil wird er auch an der Ostküste Afrikas aus der Erde gegraben. Die einen halten diesen Kopal für fossil, andere meinen, dass er aus den Wurzeln von Pflanzen ausgeflossen sei. Unter Harz versteht man übrigens jene an der Luft erstarrten Massen, die sich allmählich aus eigentümlichen Flüssigkeiten bilden, die freiwillig oder auf Einschnitte aus Pflanzen ausfliessen.

Jetzt wollen wir noch die Färbeflüssigkeit besprechen, die mehr als jede andere gebraucht wird, das ist die Dinte. Ihr Name steht allerdings nicht ganz fest. Die einen nennen sie bekanntlich Dinte, die anderen Tinte.

Die altbewährte schwarze Dinte ist eine im Wasser suspendierte Verbindung von gallusgerbsaurem Eisen. Sie wurde so erhalten, dass man zu einem wässerigen Auszuge von Galläpfeln (siehe Seite 152) eine Lösung von Eisenvitriol goss. Um den tiefschwarzen Niederschlag besser suspendiert zu erhalten, und um die Dinte konsistenter zu bekommen, setzte man von immer her ihr etwas Gummilösung zu. Heute erzielt man ein schöner aussehendes Schwarz dadurch, dass man mit den Galläpfeln zugleich ein wenig Blauholz (siehe Seite 157) extrahiert, und nun erst die Eisenvitriol- und die Gummilösung zufügt.

Mit Hilfe der wasserlöslichen Anilinfarben ist aber

Digitized by Google

jetzt auch die Dintenbereitung sehr viel bequemer geworden. Für schwarze Dinte löst man das sogenannte Anilinschwarz oder auch Indulinschwarz in Wasser. Rote Dinte erhält man durch Lösen von Fuchsin, von noch schönerer Farbe liefert sie das Eosin (Eos die Morgenröte). Die so beliebte violette Dinte erhält man durch Auflösen von einem Teil Anilinviolett in 300 Teilen Wasser, Zusatz von etwas Gummilösung etc.

Die Kopiertinten unterscheiden sich von den gewöhnlichen Tinten nur dadurch, dass man ihnen reichlicher Gummi und auch Zucker zusetzt; dadurch bleibt beim Schreiben so viel von ihnen am Papier haften, dass in der Kopierpresse ein lesbarer Abdruck der Schrift hergestellt werden kann.

Wir wollen auch nicht die sogenannten sympathetischen Dinten mit Stillschweigen übergehen, die allerdings mehr in Romanen als phantasieanregendes Mittel als in der Wirklichkeit eine Rolle spielen.

Schreibt man z. B. mit einer Lösung von Blutlaugensalz auf Papier, so ist, weil diese nur ganz schwach gelb gefärbt ist, nach dem Trockenwerden nichts von ihr zu bemerken, überfährt der Eingeweihte aber hernach den Bogen mit einem Pinsel, den er in verdünnte Eisenchloridlösung getaucht hat, so tritt die Schrift blau hervor, indem sich jetzt aus den beiden Ingredienzien Berlinerblau (siehe Seite 149) bildet. Auf diesem Wege kann man bei passender Auswahl der Flüssigkeiten, die beide an sich nicht oder kaum gefärbt sein dürfen, aber miteinander dunkle Niederschläge erzeugen, die Schrift in fast beliebigen Farben erscheinen lassen.

Die wahre sympathetische Dinte soll aber etwas noch Geheimnisvolleres haben. Während hier die Schrift, nachdem sie einmal entwickelt ist, dauernd bestehen bleibt, soll sie dort wieder verschwinden, sobald der Empfänger des Schriftstückes z. B. eines Briefes ihn gelesen hat.

Diese Dinte besteht für gewöhnlich aus einer Lösung von Kobaltchlorür oder von Kupferchlorid. Eine Lösung des ersteren ist kaum gefärbt und mit ihr hergestellte

Digitized by Google

Schrift ist auf der weissen Unterlage nicht mehr wahrzunehmen. Erwärmt man aber das beschriebene Papier, so giebt die Verbindung Wasser, welches sie bis dahin chemisch festgehalten hat, ab, und geht in das stark blau gefärbte wasserfreie Kobaltchlorür über, so dass jetzt die Schriftzüge leicht lesbar sind. Nach dem Abkühlen verschwinden sie allmählich, indem das Salz aus der Feuchtigkeit der Luft von neuem so viel Wasser anzieht, dass wieder die farblose wasserhaltige Verbindung entsteht.

Schreibt man mit einer Kupferchloridlösung, die nur sehr schwach bläulich gefärbt ist, und erwärmt hernach das Papier, so treten die Schriftzeichen mit gelbbrauner Farbe hervor, um, aus dem eben kennen gelernten Grunde, indem also das gelbbraune wasserfreie Kupferchlorid durch Wasseraufnahme wieder in das fast farblose weisse Salz übergeht, auch hier beim Abkühlen wieder zu verschwinden.

Einer unauslöschlichen Dinte werden wir bei der Besprechung der Photographie begegnen.

Wir gehen nunmehr zum Papier über.

Nachdem in den ältesten Zeiten nur auf von der Natur gegebenen Gegenständen, wie Steinen, Hölzern, Häuten geschrieben worden war, erfanden die Ägypter sehr früh schon die Herstellung des Papiers aus der Papyrusstaude. Die Stengel dieser Pflanze wurden in möglichst dünne und breite Blättchen geschnitten, die man nebeneinander legte. Eine zweite Lage wurde quer zur ersten hinübergelegt und das ganze kam unter eine Presse, unter der es zu einem Blatt zusammentrocknete. Dieses wurde sodann möglichst glatt gerieben, und diente hierauf zum Schreiben. Ausser diesem Schreibmaterial hatten das Altertum und das frühe Mittelalter noch das Pergament (siehe Seite 144) zur Verfügung, bis im achten Jahrhundert schon das hergestellt wurde, was wir heute als Papier bezeichnen.

Mit die ältesten in Europa auf aus leinenen Lumpen hergestelltem Papier geschriebenen Urkunden sind päpstliche Bullen aus dem achten und neunten Jahrhundert.

Digitized by Google

Das Papier dazu scheinen die spanischen Sarazenen geliefert zu haben, wie denn überhaupt die allerälteste bekannte auf Leinenpapier geschriebene Urkunde ein zwischen Kastilien und Arragonien geschlossener Friedensvertrag ist.

Unser jetziges Papier besteht aus einer dünnen Schicht von stark verfilzten Fasern, welche dem Pflanzenreich entstammen, während die des Tierreiches sich für die Papierfabrikation nicht eignen, weil sie ein zu weiches an Tuch erinnerndes Produkt liefern.

Um Papier genügend billig herstellen zu können, hat man von jeher das geeignete Fasermaterial nicht direkt, wie es die Pflanzen liefern, zu seiner Fabrikation gebraucht, sondern die von den Pflanzen gelieferten Fasern, nachdem sie als Leinen- und Baumwollzeuge infolge der Abnutzung unbrauchbar geworden waren, als Lumpen verwendet.

Alle pflanzlichen Fasern bestehen aus Cellulose, welche kurze Fäserchen bildet, nebst den diese Fäserchen zusammenklebenden — wie man sich ausdrückt sie inkrustierenden — Substanzen. Die reine Cellulose ist ein Kohlenhydrat (siehe Seite 127), sie besteht aus sechs Kohlenstoffatomen, zehn Wasserstoffatomen, fünf Sauerstoffatomen. Die Anzahl der Atome in ihr ist also die gleiche wie im Stärkemehl.

Ursprünglich war die Papierfabrikation folgende. Man liess nasse Lumpen zwei bis drei Tage faulen, worauf sich die die Cellulose inkrustierenden Substanzen so weit gelöst hatten, dass, wenn die so behandelten Lumpen nunmehr unter Zugabe von viel Wasser gestampft wurden, die Fäserchen der Cellulose als solche hervortraten. Hierauf wurde der so erhaltene Brei auf ein feines Sieb geschöpft, das der Arbeiter gleichzeitig hin und her schüttelte. Durch dessen Löcher lief der grösste Teil des Wassers ab, und es hinterblieb, indem sich die einzelnen Fäserchen der Cellulose ineinander geschoben hatten, eine dünne verfilzte Schicht auf ihm. Diese brachte ein zweiter Arbeiter sogleich auf ein dickes Tuch und deckte sie auch mit einem solchen zu. Hatte er eine passende Anzahl von ihnen

Digitized by Google

aufgestapelt, so kam das Ganze unter eine Presse, um möglichst viel Wasser zu entfernen. Zugleich wurde dadurch die Festigkeit der einzelnen Papierbogen erhöht. Hernach wurden sie aus den Tüchern wieder herausgenommen und völlig getrocknet.

So erhaltenes Papier hat eine schwammige Beschaffenheit nach Art des Löschpapiers. Es kann als Druck- und Packpapier wohl dienen, aber man kann nicht auf ihm schreiben, weil die Fäserchen die Dinte aufsaugen und verteilen, wodurch ein Verlaufen der Schrift eintritt. Auch ist solches Papier trotz des Pressens sehr wenig haltbar.

Um ihm eine grössere Festigkeit zu erteilen und seine Kapillarität, also sein Aufsaugevermögen, aufzuheben, wird es deshalb geleimt, wie der Ausdruck lautet, der den Vorgang nicht ganz richtig bezeichnet. Denn Leim einfach dem so wasserreichen Papierbrei zugesetzt, müsste ja im Wasser gelöst bleiben und mit diesem durch das Sieb laufen, und nur ein unbedeutender Rest könnte im schliesslichen Papier zur Wirkung kommen.

Setzt man ausser Leim dem Papierbrei aber noch Alaun zu, so ändert sich das. Wir haben schon sowohl in der Gerberei wie in der Färberei die Verwandtschaft der im Alaun enthaltenen Thonerde zur Faser kennen gelernt. Hier macht sich nun wieder das gleiche Verhältnis geltend. Die Faser hält Thonerde fest, und diese ihrerseits bindet den Leim.

Kommt also der Papierbrei, nachdem diese beiden Substanzen ihm zugesetzt sind, auf das Sieb, so läuft das Wasser nach wie vor ab, aber in den Fäserchen steckt der durch die Thonerde festgehaltene Leim, und trocknet man solches Papier, so verkleben diese miteinander. Jetzt kann man auf ihm auch schreiben, indem die Fasern ihre Kapillarität verloren haben, und die in ihm steckende wasserunlösliche Leimung macht es nun auch gegen das Nasswerden unempfindlicher.

Die Oberfläche des mit der Hand auf dem Siebe hergestellten Produktes kann nie sehr eben sein, und so muss alles Handpapier, um schön auszusehen, nachträglich geglättet werden. Zu dem Zweck presst man es entweder

Digitized by Google

feucht zwischen glatten Flächen, oder man satiniert es, wie der Ausdruck dafür lautet, indem man es zwischen zwei aufs beste polierten Walzen hindurchgehen lässt, deren tadellos glatte Oberfläche sich dabei auf das Papier überträgt.

Allmählich ist es gelungen, die Handarbeit völlig durch Maschinen zu ersetzen, und während früher der einzelne Bogen nur so gross sein konnte, als das grösste Sieb, mit dem ein Arbeiter noch hantieren kann, liefern diese Maschinen das Papier von bedeutender Breite, und ist man bei ihnen hinsichtlich der Länge überhaupt nicht beschränkt.

Um die Lumpen in Papierbrei zu verwandeln, stampft man sie auch heute nicht mehr nach kurzem Faulen, sondern, nachdem man die die Cellulose inkrustierenden Substanzen durch Kochen mit einem starken Alkali, als welches Natronlauge (diese lernen wir bei Besprechung der Seifenindustrie noch näher kennen) dient, möglichst gelöst hat, kommen sie in einen länglichen Trog, in dem sich eine mit Messern besetzte Walze dreht. Im Boden des Troges sind in passender Stellung zu diesen Messern, ebenfalls solche eingelassen. Man bezeichnet einen derartigen Apparat als Holländer, und indem in ihm die Walze durch mechanische Kraft gedreht wird, werden die gekochten Lumpen allmählich völlig zerkleinert und mit dem Wasser zu einem Brei vermahlen.

Dieser wird alsdann mit Chlorkalk gebleicht und durch Antichlor (siehe Seite 146) jede schädigende Wirkung des Bleichmittels aufgehoben. Hierauf wird mit ihm die Leimung vorgenommen. Aber für die Herstellung des Maschinenpapiers kommt eigentlicher Leim gar nicht mehr zur Verwendung. Man löst vielmehr geeignete Harze, wie Colophonium, durch Kochen mit Natronlauge in Wasser als harzsaures Natron, und setzt die Lösung sowie den Alaun dem Brei zu. Die Thonerde des Alauns wird auch hier von der Cellulose festgehalten, und sie bindet wiederum die Harzbestandteile, die die Fasern im Papier zusammenkleben und es für Schreibzwecke brauchbar machen.

Digitized by Google

Der nunmehr für die Papierbildung völlig fertiggestellte Brei läuft, da durch reichlichen Wasserzusatz für die notwendige Dünnflüssigkeit gesorgt ist, auf ein sogenanntes endloses sich ununterbrochen vorwärts bewegendes Sieb aus feinem Messingdraht, das ein in sich zurückkehrendes Ganzes bildet, welches Walzen fortdauernd in Bewegung halten. Seine gleichzeitig schüttelnde Bewegung sorgt für die Verfilzung der Fäserchen, und etwaige in das Sieb eingewebte Zeichnungen kommen hernach als Wasserzeichen im fertigen Papier zum Vorschein. Der Papierbrei, der auf dem Sieb den grössten Teil seines Wassers bereits hat ablaufen lassen, wird vom Sieb vermittelst eines Filztuches abgenommen. Sehr bald kommt ein zweites ebenfalls in Bewegung befindliches Filztuch heran, und zwischen diesen beiden wird er durch ein Walzenpaar gepresst und möglichst entwässert. Von den Walzen wandert er auf einen polierten geheizten Cylinder, auf dem er, während er trocknet, zugleich eine völlig glatte Oberfläche erhält. Ein zweiter Cylinder, über den er kommt, sorgt dafür, dass auch die Gegenseite ein ebenso schönes Aussehen annimmt. Und das jetzt fertige Papier wickelt die Maschine in Rollenform auf.

Der ungeheure Bedarf an Papier ist mit Hilfe von Lumpen schon lange nicht mehr recht zu decken gewesen. In unserer Zeit wäre das namentlich in Rücksicht auf die vielen Zeitungen undenkbar, indem der einzelne Mensch doch bei weitem nicht so viel an leinenen oder baumwollenen Abfällen liefert, als der Verbrauch an Cellulose auf seinen Kopf, sei es für Schreib-, sei es für Zeitungspapier, beträgt. Daraus erklärt es sich, dass im vorigen Jahrhundert in manchen Ländern, z. B. in Preussen, geradezu Ausfuhrzölle auf Lumpen erhoben wurden, um den inländischen Papierfabriken die Versorgung mit ihnen zu erleichtern.

Aber eine solche Massregel trägt doch zu ihrer Vermehrung an sich nichts bei. So begann man infolge der fortwährend wachsenden Schwierigkeit sie in genügender Menge zu beschaffen, eifrig nach einem passenden Ersatz

Digitized by Google

für sie in der Papierindustrie zu suchen. Und darin hat denn unsere Zeit unter Ausnutzung der vermehrten chemischen Kenntnisse solche Fortschritte gemacht, dass es heute viele Papierfabriken giebt, in die Lumpen überhaupt nicht mehr kommen. Wenn, wie in früheren Zeiten, auch teilweise jetzt noch das Publikum Papieren, die nicht aus Lumpen hergestellt sind, abgeneigt ist, weil sie ehemals wirklich sehr schlecht waren, so ist heute die Cellulosebereitung, namentlich aus Holz, wie wir sehen werden, so weit ausgebildet, dass sie nicht mehr, wie zur Zeit, als diese Industrie noch in ihren Kinderschuhen steckte, ein Surrogat, sondern jetzt einen wirklichen Ersatz für Lumpen liefert.

Die Überlegung lehrt, dass so gut wie z. B. die Leinpflanze, die doch das Rohmaterial für die leinenen Lumpen und damit für das Papier ist, Cellulose in ihrem Stengel enthält, sich diese auch in der Unzahl anderer Pflanzen finden wird. Aber auch hier gilt, was wir schon beim Stärkemehl (siehe Seite 66) erfuhren, wenn auch die chemische Zusammensetzung der in den Pflanzen vorkommenden Cellulosen die gleiche ist, die physikalischen Eigenschaften können sehr verschiedene sein. So giebt Stroh, passend zerkocht, eine zur Papierherstellung brauchbare Cellulose, und sehr geeignet erwies sich z. B. die Cellulose, die das Alfagras liefert, eine Pflanzenart, die in Nordafrika speziell Algier in grössten Mengen wild wächst. Die beiden genannten Rohmaterialien liefern allerdings bei weitem keinen so guten Stoff für die Papierfabrikation wie die leinenen Lumpen.

Weiter muss man sich doch sagen, dass schliesslich jede gross gewordene Pflanze, also jeder Baum respektive jedes Holz Cellulose enthalten muss, und mit der Verarbeitung von Hölzern zu Papier hat man wirklich nicht mehr zu übertreffende Resultate erzielt.

Zufällig sind gerade die Versuche zur Holzverwertung als Lumpenersatz die ältesten. Im Jahre 1846 ist zuerst sogenannter Holzschliff, und zwar in Süddeutschland erzeugt worden. Das Verfahren ist sehr einfach, die be-

Digitized by Google

treffenden Hölzer werden gegen einen nassen Mühlstein gehalten, der sie zermahlt.

Der so erhaltene Brei hat natürlich kaum eine faserige Struktur, seine Verfilzungsfähigkeit ist sehr gering. Dabei steckt er voll von den Harzen der betreffenden Bäume, die sein Bleichen erschweren, ja unmöglich machen können. So kann man ihn denn nur mit Lumpen zusammen verarbeiten, indem die längeren Fasern, die diese liefern, dem Papier, dessen Masse ér vermehren hilft, die nötige Haltbarkeit geben müssen. Er ist also mehr ein Füllstoff als ein Ersatz der Hadern.

Hinsichtlich solcher Füllstoffe ist man übrigens noch viel weiter gegangen. Man hat dem Papierbrei geradezu Gips und ähnliche weisse Materialien zugesetzt, die an sich gar keine Verfilzbarkeit besitzen, sondern nur zwischen den zusammengeklebten Fasern des Papiers als die Masse vermehrendes, aber zugleich ihre Festigkeit beeinträchtigendes Material, liegen.

Neben dem rein mechanischen Zermahlen des Holzes, hatte man sich alsbald dem schon erwähnten Stroh zugewandt, und dessen Gefüge durch Kochen mit Natronlauge (siehe Vortrag IX) so zu lockern gelernt, dass es hierauf, nachdem es mit Wasser gut ausgewaschen war, sich im Holländer mit dem Papierbrei vermahlen liess. Der so erhaltene Stoff ist mit Chlorkalk bleichbar, und kann in reichlicher Menge der eigentlichen Cellulose bei der Papierfabrikation zugesetzt werden.

In der gleichen Weise wird aus dem obengenannten Alfagras der Alfastoff hergestellt.

Während das Zerkochen von Stroh oder Alfagras und ähnlichem unter Verwendung geeigneter Chemikalien wenig Mühe macht, liegen die Verhältnisse nun beim Holz viel schwieriger, wenn man es durch Zerkochen statt durch Schleifen für die Papierfabrikation brauchbar machen will, da man es mit einer so sehr viel festeren Masse zu thun hat. Zunächst bildete sich für diesen Zweck das Natroncelluloseverfahren aus.

Dies besteht darin, das Holz — und man verwendet

Digitized by Google

hauptsächlich Tannen und Fichten — mit Natronlauge unter sehr starkem Druck zu kochen. Die Kessel liegen nach Art der Dampfkessel direkt im Feuer. Das in zum Stamm senkrecht stehende Scheiben zerschnittene Rohmaterial wird in Drahtkörben in sie eingesetzt und sodann die Lauge einfliessen gelassen. Man muss hierauf bis auf etwa zehn Atmosphären Überdruck in den Kesseln gehen, um ein genügendes Aufschliessen des Holzes zu erreichen, und um diesen Druck zu ertragen, werden die Bleche, aus denen diese Kessel zusammengesetzt werden, nicht wie bei Dampfkesseln mit einer Reihe, sondern mit einer dreifachen Reihe von Nieten aneinander befestigt.

Die aus dem Kocher kommenden Holzscheiben sehen dunkelbraun aus, aber alle die Cellulose im Holz einhüllenden und zusammenklebenden Stoffe sind nunmehr wasserlöslich. Bringt man daher die Scheiben jetzt in viel Wasser und zerstampft sie ein wenig, oder benutzt sonst eine entsprechende Zerkleinerungsvorrichtung, so bleibt nur die Cellulose zurück, während die sie ehemals inkrustierenden Substanzen vom Wasser gelöst und weggeführt werden. Die so erhaltene ziemlich langfaserige Cellulose, welche den Namen Natroncellulose führt, lässt sich sehr gut bleichen, ist als solche Handelsware und wird im Verein mit anderem Material auf Papier verarbeitet.

Gegen diese Fabrikation ist dann als mächtige Konkurrenz die sogenannte Sulfitcellulose seit dem Jahre 1884 aufgetreten, die ihr allmählich den Boden abgräbt.

Es ist ja von vornherein ganz gut denkbar, dass es ausser der Natronlauge noch andere Mittel geben wird, die im stande sind, ohne die Cellulose zu sehr anzugreifen, die sie im Holze inkrustierenden Substanzen aufzulösen. Im Laufe der Zeit sind sie denn auch zahlreich bekannt geworden, bewährt hat sich für die Praxis aber von ihnen allen nur der saure schwefligsaure Kalk (siehe weiterhin).

Im Anschluss daran, dass in der Chemie die Salze der schwefligen Säure als Sulfite bezeichnet werden, hat jene neue Art von Cellulose zur Unterscheidung von der

Digitized by Google

Natroncellulose ihren schon erwähnten Namen Sulfitcellulose erhalten.

Das Verfahren der Sulfitcellulosefabrikation hat ein deutscher Erfinder zuerst praktisch verwertbar gemacht, aber Versuche in dieser Richtung, die absolut zu nichts geführt haben, haben schon andere vor ihm angestellt. Ja es giebt ein englisches Patent aus dem Jahre 1866, in dem das ganze Verfahren ungefähr angegeben ist, aber eben nur ungefähr, und nie ist ein Kilo nach jenem Patent gewonnener Cellulose im Handel gewesen. Nun darf in Deutschland nichts zum Patent angemeldet werden, das bereits von anderen in gleicher oder sehr ähnlicher Weise irgendwo in der Welt beschrieben worden ist, wenn nicht 50 Jahre seit der letzten öffentlichen Mitteilung verflossen sind. Infolgedessen lagen hier die Verhältnisse zur Erlangung eines Patentes für den Erfinder sehr ungünstig.

Nun wissen wir doch von der Gerberei her, dass fast alle Hölzer Gerbstoffe enthalten, und so müssen die Gerbstoffe, wenn Holz auf Cellulose gekocht wird, wobei also alle Nichtcellulose gelöst wird, ebenfalls in Lösung gehen. Folglich müssen sie, vorausgesetzt, dass sie den betreffenden Kochprozess überhaupt vertragen, sich schliesslich in der wässrigen Flüssigkeit finden. Und so wurde das Patent — dessen eigentlicher Zweck also die Gewinnung der Sulfitcellulose war — in der Art angemeldet, dass durch Kochen von Holz mit saurem schwefligsaurem Kalk eine Lauge erhalten werde, welche als Gerbmaterial dienen soll, während nebenbei Cellulose entstehe.

Doch jetzt zuerst, was ist saurer schwefligsaurer Kalk?

Wenn man Schwefel anzündet, so wissen wir alle, verbrennt er mit ausserordentlich heftigem Geruch, indem er gleichzeitig verschwindet, und ganz wie Kohle beim Brennen verschwindet, indem sie sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure also einem farblosen Gas vereinigt, verschwindet auch der Schwefel, indem er sich mit dem Sauerstoff zu schwefliger Säure vereinigt, welche ebenfalls ein farbloses Gas ist. Säuren ihrerseits verbinden sich wie wir wissen mit Basen zu Salzen (siehe Seite 48).

Digitized by Google

Leiten wir daher das aus einem Ofen mit brennendem Schwefel aufsteigende Gas, also die schweflige Säure, in einen Schornstein, der aber nicht, wie die gebräuchlichen Schornsteine leer, sondern mit feucht gehaltenen Kalksteinen gefüllt ist, so wird die schweflige Säure nicht aus dem Schornstein entweichen und in die Luft gehen, sondern sich mit dem Kalk als Base zu einem Salz, zu schwefligsaurem Kalk vereinigen.

Da am Fusse des Schornsteins natürlich reichlich schwefligsaures Gas vorhanden ist, so wird dieses Gas, weil es sehr wasserlöslich ist, sich in dem Wasser, das langsam über den Kalkstein herunterrieselt, lösen, und in dieser sauren Flüssigkeit löst sich wieder der schwefligsaure Kalk als sogenannter saurer schwefligsaurer Kalk auf.

Die Darstellung der Lösung des sauren schwefligsauren Kalks vermittelst mit Kalkstein gefüllter Türme, so wurde die Vorrichtung benannt, ward ebenfalls patentiert, weil bis dahin niemand ihn, den die Chemie seit langen Zeiten kennt, auf diesem Wege gewonnen hatte. Diese Art und Weise seiner Herstellung war also neu. Der saure schwefligsaure Kalk sammelt sich bei diesem Verfahren also schliesslich als wässrige Lösung am Fusse des Turmes, in welchen von der Seite her das aus dem Ofen, in welchem Schwefel brennt, abziehende schwefligsaure Gas eintritt.

Die Lösung des sauren schwefligsauren Kalks greift ihrerseits die meisten Metalle auf das energischste an. Das widerstandsfähigste Metall in chemischer Hinsicht, das überhaupt in der für industrielle Zwecke nötigen Menge hinreichend billig zu beschaffen ist, ist nun das Blei, und Gefässe aus Blei oder solche, die verbleit sind, finden deshalb in der chemischen Grossindustrie zahlreichste Verwendung.

Zum Verarbeiten des Holzes auf Cellulose mittelst unserer sauren Sulfitlauge, muss das Holz mit ihr unter Druck gekocht werden, aber aus Blei kann man keine Kessel, die Druck aushalten sollen, welche wir für ge-

Digitized by Google

wöhnlich als Dampfkessel bezeichnen, fabrizieren, dazu ist dies Metall viel zu weich. Daher war eine Herstellung von Gefässen, in denen der Prozess dieser Cellulosegewinnung im grossen ausführbar sein sollte, eine recht schwierige Aufgabe.

Schliesslich wurde so gearbeitet. Ein in gebräuchlicher Art aus Kesselblechen hergestellter Dampfkessel ward von innen mit einem Harz ausgekleidet, auf welches Platten von Blei kamen. Diese wurden ihrerseits mit säurefesten Steinen überdeckt, und zwar in zwei Lagen, wobei die Fugen der Steine zwischen der unteren und oberen Lage um die Hälfte gegeneinander verschoben waren. Erst dieser Schutzmantel sicherte den äusseren eisernen Kessel vor dem Zerfressenwerden. Heute lässt man allerdings das Blei weg, indem die Steine allein, wenn sie mit einem passenden Cement verbunden werden, genügend schützen sollen.

Zur Heizung des Kessels dienten mehrere Systeme von Bleiröhren, die in ihm lagen, durch welche der in einem anderen Kessel entwickelte Dampf geleitet wurde. Die grössere Anzahl Systeme war nötig, weil leicht das eine oder das andere Bleirohr riss, indem wie erwähnt Blei Druck nur sehr schlecht verträgt. Auch dies wurde besser, nachdem man statt der reinen Bleiröhren eiserne mit Blei umgebene Rohre in Anwendung brachte. Doch jetzt sollen die Bleirohrfabrikanten, durch das Bedürfnis zu ihrer Herstellung veranlasst, auch schon solche liefern, die ohne Eisenauskleidung genügend haltbar sind.

Wenn man nun bedenkt, wie viel Raum im Kessel die beschriebenen Schutzvorrichtungen wegnehmen, und wenn wir ausserdem erfahren, dass eine Kochung zur Herstellung der Sulfitcellulose anfangs 72 Stunden erforderte, so folgt daraus, dass die Kessel, wenn die Menge der fertiggestellten Cellulose eine irgendwie erwähnenswerte sein soll, sehr gross sein müssen, und so sind sie denn wirklich in diesen Fabriken teilweise so geräumig, dass man mit Wagen und Pferd in sie hineinfahren könnte.

Das mit dem sauren schwefligsauren Kalk gekochte

Digitized by Google

Holz verlässt, im Gegensatz zu den durch die Kochung mit Natronlauge dunkelbraun gewordenen Scheiben (siehe Seite 172) den Kessel in hellerem Zustande als es in ihn hineingebracht wurde. Wir wissen ja, dass schweflige Säure geradezu ein Bleichmittel (siehe Seite 147) ist, und es hält auch nicht schwer die auf diesem Wege erhaltene Cellulose hernach völlig zu bleichen.

Weisstannen, die nach dem Verfahren verarbeitet werden, liefern das allerbeste Produkt. Die nördliche Grenze für das Vorkommen dieser Tanne bildet aber bereits der Main, und da sich für den Prozess am besten etwa fünfzehnjährige Hölzer eignen, ist in Süddeutschland und der Schweiz der Bedarf an Hölzern in diesem Alter sehr gestiegen, und haben die Forstverwaltungen jetzt mit ihm zu rechnen. Weiter nordwärts verarbeitet man Fichten, die speziell in Norddeutschland und Norwegen viel zu Sulfitcellulose zerkocht werden.

Bald begann nun die Sulfitcellulose der Natroncellulose sehr ernste Konkurrenz zu machen, und die Natroncellulosefabrikanten suchten vor allen Dingen das Patent umzustossen, indem sie auf die Anmeldung desselben in einer nicht richtigen Form — bis auf den heutigen Tag ist kein aus der Sulfitlauge hergestelltes Gerbmaterial (siehe Seite 173) käuflich zu haben — und auf jenes ältere englische Patent hinwiesen. Daraufhin wurde schliesslich das deutsche Patent für nichtig erklärt, bis auf die Darstellung des sauren schwefligsauren Kalks in Türmen, die patentrechtlich geschützt blieb, da sie von niemandem vorher in der Art beschrieben worden war.

So blieben denn die Sulfitcellulosefabriken trotzdem vom Erfinder abhängig, indem sie ohne die Türme keine Lauge für ihre Kochungen bereiten konnten. Auch dieses änderte sich allerdings später, indem man sie nach anderen Verfahren bequemer und billiger herstellen lernte.

Jetzt sind alle Streitigkeiten um dieses Patent, die in der Mitte der achtziger Jahre für die beteiligten Kreise von höchstem Interesse waren, bereits hinfällig geworden.

Digitized by Google

Patente bleiben bei uns nämlich nur 15 Jahre in Kraft, und da dieses im Jahre 1878 angemeldet war, erlosch es 1893.

Die Sulfitcellulose verdrängt die Natroncellulose immer mehr, und ein grosser Teil der ehemals nach dem letzteren Verfahren Cellulose herstellenden Fabriken, ist bereits für die Herstellung ersterer umgebaut. Sie ist nicht nur in der Qualität der Natroncellulose überlegen, sondern sie beginnt geradezu auch das ehemalige Rohmaterial also die Lumpen aus der Papierfabrikation zu verdrängen. Daher fangen leinene und baumwollene Lumpen an kaum mehr gebraucht zu werden und sind alljährlich schwerer zu verkaufen.

Zum Schluss wollen wir hinsichtlich der Vorzüglichkeit der mittelst des Sulfitverfahrens gewinnbaren Cellulose folgendes erwähnen. Es sind Bestrebungen im Gange, durch besonders vorsichtiges Arbeiten, das schon beim Zerschneiden der Hölzer beginnt, mittelst dieses Verfahrens eine so langfaserige Cellulose zu erzeugen, das sie sogar mit Baumwolle zusammen versponnen werden kann, also als teilweiser Ersatz für diese zu dienen vermag. Ob diese Versuche, an denen seit vielen Jahren gearbeitet wird, je von Erfolg gekrönt sein werden, ist natürlich nicht zu entscheiden, aber sie geben eine Vorstellung von den Hoffnungen, die einzelne an die Sulfitcellulose knüpfen.

Digitized by Google

IX. Vortrag.

Gebrannter Kalk. Pottasche. Soda nach LEBLANC. Schwefelsäure. Glaubersalz. Salpetersäure. Chlorkalk. Braunsteinwiedergewinnung. Krystallsoda. Schwefelregenerierung. Ammoniaksoda. Künstliche Pottasche. Melassenasche. Wollschweissasche. — Seife. Ätzkali. Ätznatron. Schmierseife. Gefüllte Seife. Harztalgseife. Weiches und hartes Wasser. Pflaster.

Die Herstellung der Seifen, zu denen wir jetzt übergehen wollen, erfolgt durch Einwirkung von in Wasser gelösten „ätzenden Alkalien" auf die Fette. Daher müssen wir, bevor wir die Seifen besprechen können, erst näheres über die ätzenden Alkalien mitteilen. Ihre Gewinnung ist aber wiederum untrennbar mit der der kohlensauren Alkalien verbunden, und kann deshalb nur im Zusammenhange mit diesen klar gemacht werden.

Von „ätzenden Älkalien" war in älterer Zeit nur der gebrannte Kalk der Welt zugänglich. Das Brennen oder genauer bezeichnet das Ausglühen des Kalksteins in Öfen ist eine uralt geübte Praxis, und der gebrannte Kalk diente von jeher zur Herstellung des Mörtels, auf den wir später zurückkommen.

Wird Kalkstein, welcher in der Natur sich massenhaft findet, — seine reinsten Varietäten nennen wir Marmor, Kalkspath oder Kreide — in einem Ofen stark erhitzt, so ist er nach diesem Ausglühen ganz verschieden von dem in den Ofen gegebenen Stein. Kalkstein ist chemisch zu bezeichnen als kohlensaurer Kalk. In der Hitze entweicht die Kohlensäure gasförmig und

Digitized by Google

Kalk*) bleibt zurück. Der natürliche Kalkstein ist z. B. ein vorzügliches Baumaterial, weil er Witterungseinflüssen kaum zugänglich ist. Der gebrannte Stein dagegen zerfällt, sobald Wasser an ihn kommt, völlig, löscht sich mit dem Wasser, wie man sagt. Bei diesem Löschen entwickelt sich infolge der gegenseitigen chemischen Anziehungskraft des gebrannten Kalks*) und des Wassers solche Wärme, dass Wasserdampf massenhaft aufsteigt, und dadurch erhält der Vorgang des Löschens etwas scheinbar Geheimnisvolles.

Der so erhaltene gelöschte Kalk hat sehr stark ätzende d. h. zerstörend wirkende Eigenschaften, und wird der gebrannte Kalkstein daher auch geradezu Ätzkalk genannt. Weil er sich mit Säuren zu Salzen vereinigt, es sei hier an den phosphorsauren Kalk als Düngemittel erinnert, ist er chemisch eine Base oder ein Alkali (siehe Seite 48).

Wenn er sich auch mit Wasser zu einem Brei löscht, indem er sich also mit einem Teil des auf ihn gegossenen Wassers chemisch verbindet, so ist er doch im Wasser kaum löslich, es sind das ja auch zwei voneinander ganz unabhängige Dinge. „Mit seiner Hilfe verstanden aber die Seifensieder schon im Mittelalter in Wasser leicht lösliches Alkali für ihre Zwecke, also zur Herstellung von Seife, zu bereiten.“ Es führt von jeher den Namen Ätzkali, und wurde und wird dies Ätzkali aus der Pottasche mittelst des Ätzkalks hergestellt. Auf die hierzu übliche Methode kommen wir, nachdem wir uns klar gemacht haben, was Pottasche ist. Und diese ist folgendes:

Wir wissen, dass alle Landpflanzen zu ihrer Existenz Kalisalze brauchen (siehe Seite 36), daher enthält alles

---

*) Anmerkung: Der Kalk ist chemisch das Oxyd des Metalls, Calcium, und Calciumoxyd hat nun einmal von Natur aus das Bestreben, sich chemisch mit Wasser zu verbinden. Dabei entsteht sehr viel Wärme, während gleichzeitig das Calciumoxyd in Calciumhydroxyd, das ist gelöschter Kalk, übergeht.

$$\underset{\text{Calciumoxyd}}{CaO} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Calciumhydroxyd.}}{Ca(OH)_2}$$

Digitized by Google

Holz Kalisalze, und verbrennt man es, so finden sie sich in seiner Asche. In ihr sind sie zumeist als kohlensaures Kali, ein im Wasser leicht lösliches Salz, vorhanden. Kocht man also schliesslich die Asche in Töpfen aus, so erhält man die Kalisalze in Lösung, und dampft man die Lösung ab, so hinterbleibt als Rückstand die Topf- oder Pottasche, deren Name dem Niederdeutschen entstammt.

Pottasche wurde nun viel gebraucht. Sie fand und findet Verwendung in der Seifenfabrikation, auch die Glasfabrikation hatte sie höchst nötig, wie wir sehen werden, ebenso die Färberei etc. Mit der Abnahme der Wälder und der damit abnehmenden Erzeugung von Holzasche musste auch sie rarer werden, und dieser Mangel machte sich zuerst ganz ernstlich in Frankreich geltend, wo deshalb die Pariser Akademie bereits 1775 einen Preis von 2500 Livres nicht für die Herstellung künstlicher Pottasche, sondern — für die beste Methode zur Umwandlung von Kochsalz in Soda ausschrieb, weil diese letztere in den meisten Fällen als Ersatz der Pottasche dienen kann.

Damit verhält es sich nämlich so. Pottasche ist kohlensaures Kali, wie wir soeben erfahren haben. Soda ist kohlensaures Natron. Für Kali kannte man zur Zeit des Preisausschreibens kein weiteres Vorkommen auf Erden als eben die Pottasche. Die Stassfurter Kalisalze (siehe Seite 45) sind ja erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts aufgefunden worden. Also fehlte damals die Möglichkeit Pottasche künstlich aus anderen Kaliverbindungen zu bereiten.

Für Soda als solche gab es der Zeit auch nur eine und zwar recht ungenügende Quelle, das waren die Aschen verbrannter Seepflanzen, welche hauptsächlich in Nordspanien hergestellt wurden und Barilla hiessen. Denn die Seepflanzen enthalten an Stelle der Kalisalze zumeist Natronsalze, so dass ihre Asche, wenn man sie auskocht, nicht kohlensaures Kali (Pottasche), sondern kohlensaures Natron (Soda) liefert. Die Barilla war häufig ausserordentlich schlecht, kamen doch Aschen vor, die nur fünf Prozent Soda enthielten, alles übrige war Verunreinigung.

Digitized by Google

Und trotzdem wurden sie industriell verwendet, so gross war der Bedarf an oder, wie wir in diesem Falle wohl sagen können, der Heisshunger nach derartigen Stoffen. Also Soda ist wie öfters erwähnt kohlensaures Natron, und für Natriumverbindungen giebt es einen ganz unerschöpflichen Vorrat in der Welt, nämlich das Kochsalz, welches aus Chlor und Natrium besteht.

So schrieb man denn jener Zeit, da aus dem angegebenen Grunde künstliche Pottasche herzustellen nicht möglich war, einen Preis für aus Kochsalz zu gewinnende Soda aus.

Einen Begriff von ihrem Werte mögen folgende Zahlen geben. 1814 kosteten 1000 Kilo Krystallsoda noch 1200 Mark. 1824 600 und vor einigen Jahren hat man sie schon zu 60 Mark ab Fabrik kaufen können. Die einstigen Preise liessen also einen sehr grossen Gewinn bei künstlicher Herstellung der Soda erhoffen.

Die Aufgabe ihrer künstlichen Herstellung gelöst hat, nachdem viele Leute vergeblich darüber gearbeitet hatten, Leblanc, der im Jahre 1791 ein Patent auf sein Verfahren erhielt, das bis heute benutzt wird. Seine Methode erscheint, wie wir gleich sehen werden, ausserordentlich kompliziert. Sie erfordert nach den verschiedensten Richtungen hin nicht nur chemische Kenntnisse, um sie überhaupt ausführen zu können, sondern verlangte auch, hinsichtlich der Übertragung der im Laboratorium gefundenen Verbesserungen und sich allmählich ergebenden zahlreichen Nebenfabrikationen in die Praxis, die grösste Intelligenz in technischer Beziehung. Sie ist daher nicht nur die Grundlage, das wäre zu wenig gesagt, sondern geradezu die Lehrmeisterin für die Leistungen der jetzigen chemischen Grossindustrie geworden.[1])

Das Leblancsche Verfahren besteht, um es zuerst behufs leichteren Verständnisses kurz zu skizzieren in folgen-

1) Anmerkung: Diejenigen Chemiker, welche die Durchführung der öfters fabelhaft komplizierten Prozesse in der Fabrikpraxis zuerst ermöglichten, nach denen jetzt in chemischen

Digitized by Google

dem. Kochsalz, also Chlornatrium, wird durch Erhitzen mit Schwefelsäure in schwefelsaures Natron übergeführt, und dieses wird sodann mit Kohle und Kreide zusammengeschmolzen. Kreide ist kohlensaurer Kalk. Laugt man die erhaltene Schmelze mit Wasser aus, so nimmt das Wasser aus ihr Soda also kohlensaures Natron auf, die nach dem Eindampfen der Lauge auskrystallisiert, und die Krystallsoda des Handels repräsentiert.

Um daher aus Kochsalz Soda zu gewinnen, muss es erst in schwefelsaures Natron verwandelt werden. Dieses heisst im gewöhnlichen Leben Glaubersalz von seinem Entdecker Glauber her, der es um 1645 zuerst darstellte. Hierzu bedarf es natürlich einer eigenen Fabrik für Schwefelsäure, und die Herstellung dieser Säure ist denn auch in den Sodafabriken zugleich mit ausgebildet worden.

Verbrennt man Schwefel, so liefert er schweflige Säure in Gasform, wie wir wissen (siehe Seite 173). Damit die schweflige Säure in Schwefelsäure übergeht, muss sie noch ein Atom Sauerstoff aufnehmen.

Schweflige Säure + Sauerstoff aus der Luft = Schwefelsäure.

Dieses Atom Sauerstoff vermag die schweflige Säure kaum direkt aus der Luft aufzunehmen, wohl aber addiert sie Sauerstoff z. B. mit Leichtigkeit in Gegenwart von Salpetersäure. Am besten geht das, wie die Erfahrung gelehrt hat, in grossen Kammern, die, um der Säure widerstehen zu können, ganz aus Blei (siehe Seite 174) erbaut

---

Fabriken die Anilinfarbstoffe oder die künstlichen Fiebermittel wie das Antipyrin, und die künstlichen Wohlgerüche wie das Vanillin, oder der Geruch der Veilchen hergestellt werden, waren zum Teil aus der Sodaindustrie hervorgegangen, zum Teil stützten sie sich auf die Erfahrungen dieser. Die Fortschritte der genannten, der neuesten Zeit angehörigen Industrien, haben dann allerdings alles bis dahin vorhandene weiter hinter sich gelassen, als selbst die mit einer sehr kühnen Phantasie Begabten vorauszusehen vermocht haben werden, und Deutschland übertrifft auf diesem schwierigsten Gebiete der gesamten chemischen Industrie alle Länder der Welt, wofür wir die Gründe im zwölften Vortrage auseinanderzusetzen versuchen werden.

Digitized by Google

sein müssen, vor sich. Die Salpetersäure oxydiert in diesen Räumen die schweflige Säure zu Schwefelsäure, verliert also ihrerseits Sauerstoff. Indem man aber gleichzeitig durch die Kammern Luft und Wasserdampf leitet, gehen die aus der Salpetersäure entstehenden Produkte immer wieder von neuem in Salpetersäure über, wodurch ein eigentlicher Verbrauch an ihr — abgesehen vom Fabrikationsverlust — nicht stattfindet, indem sie nur den Überträger des Luftsauerstoffs auf die schweflige Säure bildet. Die entstehende Schwefelsäure sammelt sich auf dem Boden der Kammern als Flüssigkeit an.

Immerhin erfordert die Sodafabrikation, wie hieraus hervorgeht, auch eine Fabrik für Salpetersäure. Salpetersäure nennt man im gewöhnlichen Leben Scheidewasser. Der Name stammt daher, dass sie wohl Silber aber nicht Gold löst, deshalb zum Scheiden dieser beiden Metalle dienen kann. Man erhält sie durch Destillation von Salpeter mit Schwefelsäure, und zwar nimmt man der Billigkeit halber natürlich den Natronsalpeter (Chilisalpeter, siehe Seite 49). Es bilden sich, bei der Einwirkung dieser beiden Ingredienzien aufeinander, Salpetersäure, die leicht überdestilliert, während in der Retorte schwefelsaures Natron zurückbleibt (und zwar letzteres in Form von saurem schwefelsaurem Natron aus Gründen, deren Auseinandersetzung uns hier zu weit führen würde).

Die Schwefelsäure wurde ursprünglich in den Sodafabriken in der angegebenen Art aus Schwefel hergestellt, das änderte sich im Jahre 1838. Schwefel giebt es in grossen Mengen als solchen, soweit europäische Verhältnisse in Betracht kommen, nur in Sizilien, und in jenem Jahre erklärte der damalige König von Neapel ihn für ein Monopol, welches einem Marseiller Hause verpachtet wurde. Dieses erhöhte den Preis sofort von 100 Mark auf 280 Mark für die Tonne, d. h. für 1000 Kilo. Die englischen Schwefelsäurefabriken, und damals gab es solche fast nur in England, beschwerten sich darüber bei ihrer Regierung, und eine Art von Schwefelkrieg drohte

Digitized by Google

auszubrechen, worauf das Monopol wieder rückgängig gemacht wurde.

Aber die Not hatte inzwischen erfinderisch gemacht. Wenn auch freier Schwefel in Europa nicht viel sonst zu finden ist, so giebt es doch überall in der Welt ungeheure Lager von Schwefelverbindungen, namentlich Schwefeleisen, welches letztere die Mineralogen Pyrit nennen.

Solcher Pyrit kann auch in Öfen angezündet werden, dabei liefert sein Schwefelgehalt, der etwa 48 Prozent beträgt, schweflige Säure, die in Bleikammern auf Schwefelsäure weiterverarbeitet wird, sein Eisen verbrennt zu Eisenoxyd. Dieses wird jetzt auf Eisen weiter verarbeitet. Auch giebt es kupferhaltige Pyrite, die meist aus Spanien stammen, und solche benutzen die Schwefelsäurefabriken mit Vorliebe, weil die nachherige Extraktion des Kupfers aus den Pyritabbränden recht lohnend ist. Da haben wir wieder einige Nebenfabrikationen der Sodaindustrie.

Die Schwefelsäure gehört zu den im grössten Massstabe dargestellten industriellen Erzeugnissen. Wir brauchen ja nur zu bedenken, welche grossen Mengen von ihr, ab gesehen von der Sodaindustrie, allein jährlich zum Aufschliessen der Phosphorite, um diese in für die Landwirtschaft verwertbaren Dünger zu verwandeln, verbraucht werden, und welches Quantum für die Herstellung des zu gleichem Zweck Verwendung findenden schwefelsauren Ammoniaks nötig ist (siehe Seite 49). Das Deutsche Reich produzierte an ihr im Jahre 1891 627 392 Tonnen à 1000 Kilo, also täglich etwa 175 Eisenbahnwaggonladungen. Der Wert dieser Produktion war cirka 15 Millionen Mark, davon 138 910 Tonnen aus deutschen Pyriten, 359 480 Tonnen aus spanischen kupferhaltigen Pyriten etc. und die Produktion ist seitdem sehr gestiegen.

Lässt man Schwefelsäure auf Kochsalz also Chlornatrium einwirken, so bildet sich das für die Sodafabrikation nach Leblanc erforderliche schwefelsaure Natron und gleichzeitig entsteht Salzsäure.

Kochsalz + Schwefelsäure = Schwefelsaures Natron + Salzsäure.

Digitized by Google

Salzsäure ist ein Gas wie das schwefligsaure Gas oder wie das Ammoniakgas, und wie diese beiden Gase ist auch sie im Wasser sehr löslich. Die Salzsäure des Handels, das ist ihre wässerige Lösung, enthält etwa 33 Prozent von dem Gase gelöst. Sie ist bekanntlich eine an der Luft schwach rauchende Flüssigkeit, und diese Eigenschaft hat sie daher, dass aus ihr abdunstendes salzsaures Gas mit der Feuchtigkeit der Luft Nebel bildet.

Dieses salzsaure Gas war für die beginnende Sodafabrikation eine geradezu furchtbare Zugabe. Irgend eine Art der Verwertung desselben kannte man nicht, und so liess man es aus dem Kamin mit den Feuergasen entweichen. Da es aber alle Vegetation in der Umgegend der Fabriken zerstörte, gab dieses zu den schwersten Klagen Veranlassung. Infolge einer solchen Anlage in einer Brüssler Vorstadt wurden sogar die Instrumente aller in ihr wohnenden Handwerker stets in kürzester Zeit stumpf. Deshalb baute z. B. eine Fabrik, um es zu entfernen, einen Kamin von 150 Meter Höhe, also etwa der doppelten Höhe eines gewöhnlichen Kirchturmes, aber statt dass das Gas sich mit der Luft dort oben gemischt hätte, fiel es namentlich bei feuchtem Wetter in schweren Wolken aus der Höhe herunter.[1]) Um die steten Klagen los zu sein, wurden einige

---

1) Es sei hier nebenbei bemerkt, dass die Vorwürfe, welche man den Sodafabriken wegen der vielen Salzsäure, die sie in die Luft liessen, seiner Zeit machte, in gewissem Masse schliesslich auf jede reichlich Steinkohle verbrauchende Industrie wegen der Menge von schwefliger Säure, die sie ganz unabsichtlich mit den Verbrennungsproducten der Steinkohle in die Luft jagt, zutreffen. In der Beziehung wird auch die so viel erstrebte Rauchverbrennung, also die Anlage rauchloser Feuerungen, nichts ändern. Wir wissen ja, dass alle Steinkohle Schwefel enthält, von dem ein wenig sogar mit dem Leuchtgas (siehe Seite 31) in die Wohnungen gelangt. Die infolge dieses Gehaltes mit den Verbrennungsprodukten der Steinkohlen aus den Schornsteinen in die Luft gelangende schweflige Säure wird man natürlich auch durch das Verbrennen der Russteilchen nicht los. Was von ihr in die Luft gelangt, geht, wie die Erfahrung gelehrt hat, dort ziemlich rasch in Schwefelsäure über.

Amtliche Untersuchungen haben z. B. ergeben, dass in London in einer Million Kubikmeter Luft 1670 Gramm Schwefel-

Digitized by Google

Fabriken sogar auf die kleinen Inseln im englischen Kanal verlegt. Das geschah alles, obgleich man sehr wohl wusste, wie leicht die Salzsäure sich in Wasser löst, doch hatte es keinen Zweck sich des Gases in dieser Weise zu entledigen, denn wo sollte man mit der wässerigen Salzsäure, die man auf diese Art erhielt, hin, da man sie nicht in die Flüsse laufen lassen durfte, weil sie die Fische tötete.

Und so blieb das salzsaure Gas eine wahre Plage für die Fabrikanten, bis allmählich die Verhältnisse geradezu in ihr Gegenteil umgeschlagen sind, „heute ist sie das wertvollste Erzeugnis der Leblanc-Soda-Fabrikation," wie wir später sehen werden, und auf dem Verdienst an ihr, nicht auf dem an der Soda, beruht die Existenz dieser Fabriken.

Sie findet jetzt ihre Hauptverwendung zur Herstellung des Chlorkalks, der in grossen Mengen ja als Bleichmittel (siehe Seite 145) gebraucht wird.

Um salzsaures Gas in Form von Chlorkalk verwenden zu können, wird es zuerst in Wasser geleitet und so aufgefangen. Damit ist jeder schädliche Einfluss auf die Umgebung der Fabrik vermieden und sind die Unannehmlichkeiten, die das Gas ehemals bereitete, aus der Welt geschafft.

---

säure vorhanden sind, ja in Manchester stieg die Zahl auf 2518, und in der Nähe von Schwefelsäurefabriken auf 2668 Gramm. Auf dem Lande dagegen enthielt sie nur 474 Gramm. Hier rührt die Schwefelsäure zumeist von verwesenden organischen Körpern also eiweisshaltigen Körpern her, indem die Eiweissstoffe doch Schwefel enthalten (siehe Seite 60). Rechnen wir die Londoner Zahl auf die Grösse eines Zimmers von 6 Meter Länge, 5 Meter Breite und 4 Meter Höhe um, so beträgt die Schwefelsäuremenge in diesem doch schon grossen Raum schliesslich allerdings nur zwei Zehntel Gramm. Der Gehalt der Luft an schwefliger- und Schwefelsäure wird aber hauptsächlich durch den Regen schädlich, indem er sie auf den Blättern der Pflanzen niederschlägt, wodurch diese in ihrer Entwickelung sehr zurückbleiben. Erst in der neuesten Zeit gab es wieder einen grossen Prozess zwischen einem oberschlesischen Hüttenwerke und einem in der Nähe gelegenen Waldbesitzer, welch letzterer auf Ersatz des Schadens klagte, den das aus den Kaminen jenes Werkes entweichende schwefligsaure Gas an seinem Baumbestand angerichtet habe.

Digitized by Google

Die wässerige Lösung der Säure, die Flüssigkeit also als welche die Säure auch in den Handel kommt, wird sodann mit Braunstein erhitzt. Braunstein ist seiner chemischen Zusammensetzung nach Mangansuperoxyd, und Salzsäure ist eine Verbindung von Wasserstoff mit Chlor. Daher führt sie auch den Namen Chlorwasserstoffsäure. Indem nun der sehr sauerstoffreiche Braunstein, er ist doch ein Superoxyd, auf die Chlorwasserstoffsäure wirkt,

Mangansuperoxyd + Chlorwasserstoffsäure = Manganchlorür +
(Braunstein) (Salzsäure) + Wasser + Chlorgas.

verbindet sich sein Sauerstoff mit deren Wasserstoff zu Wasser, und wird andererseits Chlorgas frei. Wenn man dieses über in Kammern ausgebreiteten Kalk leitet, erhält man den Chlorkalk.

Das im Braunstein enthaltene Mangan geht durch die Salzsäure während des Prozesses als Chlormangan in Lösung, und so wohlfeil auch der Braunstein ist, — er wird in grössten Quantitäten bergmännisch gewonnen — hat Weldon doch ein bewundernswertes Verfahren ersonnen, das aus dieser Lösung das Mangan als Braunstein sehr billig wieder zu gewinnen gestattet. Man nennt das die Regenerierung des Braunsteins.

Also jede Sodafabrik nach Leblanc erzeugt auch Chlorkalk und hat die sehr umfangreichen Einrichtungen zur Braunsteinwiedergewinnung nötig.

Weiter wird Salzsäure auch auf Kalichloricum, das ist chlorsaures Kali, und auf ähnliche Salze verarbeitet. Ein recht bedeutender Teil von ihr wird jetzt auch als solche von anderen Industrien für deren Zwecke gekauft.

Leblanc bedurfte zur Einrichtung der ersten Fabrik nach seinem Verfahren grösserer Geldsummen.

Diese gab der Herzog von Orléans, hernach Philipp Egalité genannt, her, nachdem d'Arcet, Professor der Chemie am Collège de France, — welches die eine der beiden Pariser Universitäten ist —, das Verfahren für gut erklärt hatte. 1793 endete aber Egalité, wie so mancher, der damals im Mittelpunkt der französischen Politik stand,

Digitized by Google

auf dem Schaffot, und die Fabrik wurde mit seinen anderen Gütern konfisziert. Nachdem sodann infolge der andauernden Kriege der Republik, die den Transport zur See hinderten, die Pottasche in Frankreich anfing ausserordentlich knapp zu werden, erliess der Wohlfahrtsausschuss ein Dekret, wonach alle bisher aufgefundenen Verfahren zur Sodafabrikation (siehe Seite 181) bekannt gegeben werden mussten. Damit verfiel zugleich Leblancs Patent.

Erst im Jahre 1799 übergab man ihm die ehemalige Fabrik wieder, aber Mangel an Mitteln hinderten ihn sie ordentlich in Stand zu setzen, und schliesslich endete dieser grosse Erfinder 1806 in Verzweiflung durch Selbstmord. Dieser Erfinder, dessen Leistungen, abgesehen von der Erfindung an sich, die Industrien des Glases und der Seife, wie wir sehen werden, in neue Bahnen lenkten und auch für zahlreiche weitere Industrien einen Umschwung bedeuteten, ja dessen Erfindung ganz neue Industrien wie z. B. die der Natroncellulose (siehe Seite 171) und manche andere erst ermöglichte. Seinen Enkeln hat die französische Regierung eine nationale Belohnung ausgezahlt.

Leblancs Verfahren kam zwar nicht in Vergessenheit, schleppte sich aber ohne viel Erfolg hin, bis englische Fabrikanten es auf seine Höhe brachten. Da aber bis zum Jahre 1824 in England auch für das in der Industrie verwendete Salz eine Steuer von 60 Mark für 100 Kilogramm bezahlt werden musste, wurde auch dort erst nach Abschaffung dieses Hindernisses die Sodaindustrie gross.

Anfangs musste das Fabrikat in London verschenkt werden, um nur die Seifenfabrikanten an die Soda zu gewöhnen, und sie der Barilla (siehe Seite 180) abspenstig zu machen. Das änderte sich dann aber sehr rasch. Mit der reinen Soda arbeitete es sich so viel bequemer und sicherer, als mit der hinsichtlich ihres Sodagehalts so unzuverlässigen Barilla. Ja bald änderten sich die Verhältnisse in der Übergangszeit völlig, und die Leute waren froh, wenn sie nur die rohen Schmelzen, wie sie aus den Öfen kamen, erhalten konnten. Von der Barilla her nicht

Digitized by Google

verwöhnt, laugten sie diese sich selber aus. Damit hatte die Soda festen Fuss gefasst.

Ihre Fabrikation in Deutschland begann in den dreissiger Jahren zu Schönebeck an der Elbe.

Man schmilzt somit zur Darstellung der Soda Glaubersalz (schwefelsaures Natron), Kreide und Kohle zusammen. Das Glaubersalz liefert das Natrium, und die Kreide, welche chemisch, wie erwähnt, kohlensaurer Kalk ist, liefert die Kohlensäure für die Soda, die ja kohlensaures Natron ist. Es ist leider ganz unmöglich, hier in Rücksicht auf die komplizierte Deutung der verschiedenen nebeneinander herlaufenden chemischen Prozesse darauf einzugehen, wie die Umsetzungen in der Schmelze zwischen deren Rohmaterialien sich vollziehen.

Das Auslaugen der Schmelzen mit Wasser führt also aus diesen die Soda in die wässerige Flüssigkeit über. Wird diese Lösung durch Eindampfen so konzentriert, dass das Wasser nicht mehr genügt alle Soda gelöst zu halten, so krystallisiert sie aus. Aber nicht als kohlensaures Natron allein, sondern mit fast 63 Prozent Wasser, die die Krystalle als sogenanntes Krystallwasser festhalten. Dieses Binden von Krystallwasser ist eine Eigenschaft, mit der sehr viele Salze begabt sind.

Daher sehen wir Krystallsoda, wenn sie längere Zeit offen aufbewahrt wird, sich ändern. Beim Liegen an der Luft verliert sie einen Teil ihres Krystallwassers, und infolgedessen zerbröckeln die Krystalle, die nur mit ihm zusammen ihre bestimmte Gestalt repräsentieren. Andererseits verteuert, wenn sie verschickt wird, der hohe Krystallwassergehalt ihre Fracht ganz unnütz und deswegen stellen die Fabriken auch wasserfreie Soda dar, indem sie die Krystalle so lange erhitzen, bis sich alles Wasser verflüchtigt hat. Sie hinterbleibt hierbei als ein weisses Pulver, und führt den Namen kalcinierte Soda, weil man einen derartigen Trockenprozess Kalcinieren nennt.

Die Soda das kohlensaure Natron ist schwefelfrei, wie wir wissen, kurzum all der Schwefel, der für ihre

Digitized by Google

Fabrikation zur Überführung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron gedient hat, hat mit ihr eigentlich gar nichts zu thun, ist nur Mittel zum Zweck und geht verloren. Er bleibt in den Rückständen stecken, die von der Schmelze übrig bleiben, wenn das Wasser ihr die Soda entzogen hat.

Diese Rückstände mussten natürlich in der Nähe der Fabriken aufgestapelt werden, wenn diese nicht zufällig wie manche englische am Meere lagen, welche sie täglich weit in dasselbe hinausfahren und versenken liessen. Sie gaben mit Recht zu den ernstesten Klagen seitens der Nachbarschaft Veranlassung. Sobald sie längere Zeit an der Luft gelegen hatten, also dem oxydierenden Einfluss des Sauerstoffs ausgesetzt gewesen waren, fingen sie, namentlich wenn es auf sie regnete, an Schwefelwasserstoffgas auszugeben, das ist jenes berüchtigt riechende Gas, welches auch faule Eier entwickeln, und das bei diesen dem Schwefelgehalt ihres Eiweisses entstammt (siehe Seite 60). Ausserdem laugte der Regen sie aus, und die schwefelhaltige Flüssigkeit vergiftete alle in der Nähe befindlichen Brunnen und Bäche.

Dieses und manche sonstigen Übelstände drängten darauf eine lohnende Verarbeitung für sie aufzufinden, und lohnend konnte dabei nur die Wiedergewinnung des in ihnen enthaltenen Schwefels sein. Die Unsumme von Intelligenz, Arbeit und Geldmitteln, die seit den vierziger Jahren auf dieses Problem verwendet worden sind, würde bei seiner Wiedergabe hier geradezu das Staunen eines Jeden erregen.

Es ist hier aber überhaupt nicht möglich — ganz abgesehen von manchen teilweise geglückten Versuchen, die es wenigstens bis zu einer Ausführung im grossen brachten, und dann wieder zu Grunde gingen, weil der so gewonnene Schwefel gegen den in Form von Pyrit (Schwefeleisen) seitens der Bergwerke immer billiger angebotenen natürlichen Schwefel nicht aufkommen konnte — auch nur von dem schliesslich mit Erfolg gekrönten Verfahren einen Begriff zu geben. Es ist auf der Grundlage allerausgedehntester Kenntnisse aufgebaut, die zu ihrem

Digitized by Google

Verständnis eine reichliche chemische und zugleich technische Vorbildung voraussetzen. Die Aufgabe ist nämlich zu Ende der achtziger Jahre wohl endgültig von Gossage in England gelöst worden, und liefert das Verfahren den so wieder gewonnenen Schwefel zugleich in chemisch reinem Zustande.

Von der Unmenge von Schwefel, um die es sich dabei handelt, und von der Kompliziertheit des Verfahrens wird am besten die Mitteilung einen Begriff geben, dass die Einrichtungen einer solchen Wiedergewinnung über anderthalb Millionen Mark kosten.

Einst hatte also sizilianischer Rohschwefel in der Sodaindustrie Verwendung gefunden, war sie von ihm abhängig gewesen, dann wurde sie gezwungen ihre Schwefelsäure aus dem Schwefelgehalt der Pyrite zu gewinnen. Und jetzt liefert sie umgekehrt den Schwefel aus diesen Pyriten als ihr Nebenprodukt in unübertrefflicher Reinheit für die Zwecke anderer Industrien, jetzt ist sie gefährliche Konkurrentin des sizilianischen Rohschwefels geworden.

Wir haben nunmehr in grossen Zügen die Sodaindustrie nach Leblanc nebst den durch sie hervorgerufenen Nebenindustrien, von denen wir nur die wichtigsten erwähnt haben, kennen gelernt. Aber die Existenz dieser Industrie, in der so Grosses geleistet worden ist, ist, nachdem sie etwa 60 Jahre lang völlig gesichert erschien — wenn wir ihren Beginn als Grossindustrie ins Jahr 1824 setzen —, seit Anfang der achtziger Jahre ins Wanken geraten.

Man kannte schon lange eine Methode Kochsalz in Soda auf viel einfacherem Wege überzuführen, als es das Leblancsche Verfahren ist. Sein Prinzip ist folgendes, und seine Ausführung im Laboratorium macht keine Schwierigkeit.

Ammoniak als Base verbindet sich mit Kohlensäure zu kohlensaurem Ammoniak sowie mit der doppelten Menge von ihr zu doppeltkohlensaurem Ammoniak, und

Digitized by Google

wenn man eine Lösung von doppeltkohlensaurem Ammoniak zu einer Lösung von Kochsalz (Chlornatrium) giebt, erhält man infolge der Einwirkung beider aufeinander einen Niederschlag von dem in Wasser verhältnismässig schwer löslichen doppeltkohlensauren Natron, und in der Lösung bleibt jetzt Chlorammonium.

Doppeltkohlensaures Ammoniak (wasserlöslich)	+	**Chlornatrium** = (wasserlöslich)
Doppeltkohlensaures Natron (schwer in Wasser löslich, fällt deshalb aus der Lösung aus).	+	**Chlorammonium** (wasserlöslich, bleibt daher in Lösung).

Hier fällt also die für das Leblancsche Verfahren erforderliche Überführung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron mittelst Schwefelsäure und damit auch die Nebengewinnung der Salzsäure (siehe Seite 185) fort. Hier wird das Kochsalz direkt in doppeltkohlensaures Natron übergeführt.

In der Theorie ist das Verfahren darnach sehr einfach. Zuerst finden wir ein Patent auf dasselbe im Jahre 1838, auch weiss man, dass in den Jahren 1855 bis 57 in einer französischen Fabrik Soda, die im Gegensatz zu der nach Leblanc hergestellten, Ammoniaksoda betitelt wird, auf diesem Wege dargestellt worden ist. Doch müssen sich damals bei der fabrikationsmässigen Ausführung der Methode solche Schwierigkeiten ergeben haben, dass man schliesslich auf sie, als gegenüber der Leblancschen Soda nicht konkurrenzfähig, wieder verzichtete.

Die der Darstellung der Ammoniaksoda im grossen entgegenstehenden Schwierigkeiten, die zumeist auf maschineller Seite liegen, indem das sich ausscheidende doppeltkohlensaure Natron alle Rohrleitungen, durch die das kohlensaure Gas und das Ammoniakgas in die Kochsalzlösung gepumpt werden, zu verstopfen drohen, sind dann endgültig von Solvay überwunden worden, und nach dessen Verfahren wird jetzt Soda in allergrösstem Massstabe dargestellt.

Der Verlauf dieser Fabrikation ist etwa der folgende. In die Kochsalzlösung wird Ammoniakgas gepumpt, und sobald dies im genügenden Masse geschehen ist, kohlen-

Digitized by Google

saures Gas ebenfalls eingepumpt. Es bildet sich doppeltkohlensaures Ammoniak in der Flüssigkeit, welches sich sofort mit dem Kochsalz umsetzt, wodurch das Ausfallen des doppeltkohlensauren Natrons eintritt.

Für die Fabrikation notwendig sind also Kochsalzlösung, sodann Ammoniak und Kohlensäure. Das Kochsalz liefert der Bergbau oder liefern Salzsoolen, die es sehr bequemer Weise gleich in gelöster Form enthalten. Das Ammoniak liefern die Gasanstalten, wie wir wissen.

Ausserdem wird sehr viel Kohlensäure gebraucht, und zu ihr kommt man so, dass man die aus Kalköfen abziehenden Gase mittelst Luftpumpen aus diesen heraussaugt und sie in die Laugen hineintreibt. Wird nämlich der in der Natur vorkommende Kalkstein in Kalköfen zu Ätzkalk gebrannt, wovon wir zu Beginn des Vortrages sprachen, so zerfällt er doch durch die Hitze in seine beiden Bestandteile, Kohlensäure und Ätzkalk. Indem nun zugleich das Heizmaterial des Ofens durch seinen verbrennenden Kohlenstoff doch auch Kohlensäure liefert, sind die aus einem solchen Ofen entweichenden Gase besonders reich an kohlensaurem Gas. Sie dienen daher in vielen Industrien als Quelle für Kohlensäure.

Das auf dem beschriebenen Wege beim Solvay-Prozess erhaltene Produkt, das doppeltkohlensaure Natron, muss nun noch, um Soda zu sein, in einfach kohlensaures Natron übergeführt werden. Dies macht jetzt keine Schwierigkeiten, indem es zu dem Zweck nur leicht erhitzt zu werden braucht, wobei das zweite Molekül Kohlensäure entweicht, und Soda (einfach kohlensaures Natron) zurückbleibt.

In den Laugen bleibt also das Chlorammonium, und muss das Ammoniak aus diesen wiedergewonnen werden, um immer von neuem in der Fabrikation verwendet zu werden; sonst wäre der Solvay-Prozess natürlich viel zu teuer. Ammoniak als Base wird durch jede stärkere Base verdrängt. Kocht man daher die Lauge mit Ätzkalk, den also die Kalköfen der Fabrik gleichzeitig mit der Kohlensäure liefern, so wird der Kalk als stärkere Base es aus der Flüssigkeit austreiben. Natürlich wird es sofort in

Digitized by Google

eine neue Portion Kochsalzlösung geleitet, zirkuliert also ununterbrochen in der Fabrikation.

Jetzt hat man als letztes Nebenprodukt noch die mit Kalk ausgekochte Chlorammoniumlauge, die nun an dessen Stelle Chlorcalcium

Chlorammonium + Kalk = Chlorcalcium + Ammoniak

enthält. Für diese Lösung oder das aus ihr durch Eindampfen darstellbare feste Chlorcalcium, welches nicht mit Chlorkalk zu verwechseln ist, giebt es kaum Verwendung, und infolge der massenhaften Nebengewinnung der Lösung bei dieser Art der Sodafabrikation bleibt nichts anderes übrig, als sie in den nächsten Fluss laufen zu lassen.

Hieraus folgt, dass der Solvay-Prozess in keinem Stadium der Fabrikation das Chlor, das im Kochsalz steckt, gewinnen kann, sondern es schliesslich als Chlorcalcium weglaufen lässt. Im Leblancschen Verfahren dagegen gewinnt man es, wie wir sahen, in Form von Salzsäure, die an sich oder auf Chlorkalk etc. verarbeitet einen bedeutenden Wert repräsentiert, wie wir ausführlich besprochen haben.

Und so arbeiten noch beide Fabrikationsmethoden neben einander, wobei die Verhältnisse für die Leblanc-Soda-Fabriken aber recht schwierig liegen. Die Soda nach Leblanc ist nun einmal in der Herstellung viel teurer als die nach Solvay, erstere Methode bleibt aber an für sie günstig gelegenen Orten existenzfähig, weil ihr einst unerwünschtes Nebenprodukt, die Salzsäure, so wertvoll geworden ist, und nur von ihr geliefert werden kann. Wird aber die Aufgabe, über die unendlich viel gearbeitet wird, gelöst, aus jenen jetzigen wertlosen Endlaugen, aus den Chlorcalciumlaugen der Solvay-Fabriken, oder an einer anderen Stelle im Verlaufe jener Fabrikation, billig Salzsäure oder Chlor zu gewinnen, dann ist das Ende der Leblanc-Soda-Fabrikation da. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass bisher die Aufgabe für die Zwecke des

Digitized by Google

Grossbetriebes kaum irgendwie ihrer Lösung näher gebracht ist. Doch wer will beurteilen, was die Zukunft bringt.

Dazu kommt noch folgendes. Der elektrische Strom vermag, worauf wir im elften Vortrage noch ausführlich zurückkommen, Substanzen geradezu in die Elemente, aus denen sie bestehen, zu zerlegen. Und so kann man jetzt, wo die Elektrizität vermittelst der Dynamomaschinen billig zu erzeugen ist, daran denken, mit ihrer Hilfe aus Chlornatrium (Kochsalz) oder Chlorkalium, welches doch Stassfurt (siehe Seite 45) so massenhaft liefert, direkt Chlor abzuscheiden. Das Natrium und das Kalium sollen in der wertvollen Form von Ätznatron oder Ätzkali gleichzeitig mitgewonnen werden. Die Verwendung dieser in der Papierindustrie kennen wir bereits, und lernen sie in der Seifenindustrie noch kennen. Die glücklichen Besitzer der Patente behaupten, dass ihre Methode das Chlor und damit auch den Chlorkalk etc. billiger liefere, als der Leblanc-Sodaprozess. Sollte das wirklich zutreffen, so würde die Lage dieser Sodafabrikation eine immer unerfreulichere werden. Versuche über die Brauchbarkeit der Elektrizität für diese Zwecke sind in England und Deutschland im grössten Massstabe im Gange, und sie werden die Angelegenheit im Laufe einiger Jahre entscheiden.

Wenig übereinstimmen derartige Verhältnisse mit den allgemeinen Anschauungen der Moralphilosophie, nach denen jede ehrliche Arbeit auch ihren Lohn erhalten soll. Hier sehen wir gerade, wie eine ehrliche einer anderen ebenso ehrlichen den Boden abgräbt, wie das eben, wenn besseres Neue das Ältere ersetzt, immer geht.

Nachdem ein Teil der englischen Sodafabriken nach Leblancs System infolge der Konkurrenz der Solvay-Soda ihren Betrieb bereits eingestellt hatte, haben die übrigen sich im Jahre 1890 dort zu einer Aktiengesellschaft vereinigt, deren Kapital 120 Millionen Mark beträgt, wonach man sich von der noch immer imponierenden Grösse dieser Fabrikation allein in jenem Lande eine Vorstellung machen kann.

Digitized by Google

Ist auch der Verbrauch an Soda sehr gross und hat aus vielen Industriezweigen die Pottasche verdrängt, so ist doch immerhin ein recht bedeutender Bedarf auch an dieser übrig geblieben. Sie wird grösstenteils noch aus Holzasche gewonnen. Dann werden auch grosse Mengen von ihr nach dem Leblancschen Verfahren der Sodagewinnung dargestellt, indem man hier statt vom schwefelsauren Natron (siehe oben), welches kohlensaures Natron also Soda liefert, vom schwefelsauren Kali, welches man von Stassfurt (siehe Seite 45) bezieht, ausgeht, das, auf diesem Wege verarbeitet, kohlensaures Kali also Pottasche liefert. Doch ist die Herstellung der Pottasche nach diesem Verfahren viel schwieriger als die der Soda. Nach dem Solvayschen, also dem Ammoniakverfahren, Pottasche im grossen aus Chlorkalium herzustellen, ist bisher immer wieder missglückt. Seit der Mitte unseres Jahrhunderts sind aber zwei ganz neue Quellen für sie erschlossen worden. Eine ist die Melasse, die andere der Wollschweiss.

Melasse ist jene letzte Mutterlauge der Zuckerfabriken (siehe Seite 76), aus der man jetzt den Zucker als solchen zu gewinnen versteht. Trotzdem wird, wie in früheren Zeiten, noch viel von ihr auf Spiritus verarbeitet, indem ihr Zucker vergoren wird. Nach dem Abdestillieren des Spiritus hinterbleibt auch hier eine Schlempe (siehe Seite 109). Nur hat diese gar keinen Nährwert, da sie ja nur die Salze enthalten kann, die beim Auslaugen der Rüben für die Zwecke der Zuckergewinnung (siehe Seite 74) seinerzeit mit in Lösung gingen. Sie sind, da sie dem Erdboden entstammen, sehr kalireich, und dampft man deshalb diese Schlempe zur Trockene und verkohlt sie, so kann man schliesslich aus dem Rückstand, der den Namen Schlempekohle führt, wie sonst aus dem Rückstand verbrannter Pflanzen, die Pottasche mit Wasser auslaugen.

Ein noch merkwürdigeres Ausgangsmaterial für sie ist das oben als zweites erwähnte. Diejenigen Fabriken, die sich mit dem Waschen der Schmutzwollen beschäftigen, wie sie in grössten Quantitäten von Australien, Afrika und Südamerika nach Europa importiert werden, haben in

Digitized by Google

ihren Waschwässern bedeutende Mengen von Wollschweiss, und da dieser, wie Untersuchungen gelehrt haben, sehr reich an Kalisalzen ist, erhält man, wenn man die Waschwässer zur Trockene dampft und ihren Rückstand glüht, eine stark Pottasche haltige Kohle, aus der ihre Darstellung als für Handelszwecke lohnend fabrikmässig betrieben wird.

Für die Herstellung von Seife, zu der wir jetzt übergehen, sind nun weder Pottasche also kohlensaures Kali, noch Soda also kohlensaures Natron, direkt verwendbar. Sie beide wirken auf Fette, und Seife wird aus Fetten hergestellt, nicht ein. Sie müssen dazu erst in ätzendes Alkali, also in Ätzkali, resp. Ätznatron übergeführt werden.

Dieses wird durch Zugabe von Ätzkalk, dessen Gewinnung wir ja ausführlich kennen gelernt haben, zu ihren Lösungen erreicht.

Kohlensaures Kali + Ätzkalk = Ätzkali + kohlensaurer Kalk
Kohlensaures Natron + Ätzkalk = Ätznatron + kohlensaurer Kalk.

Zu dem Zwecke wird der gebrannte Kalk mit viel Wasser gelöscht, und die so erhaltene Kalkmilch zur Lösung von Pottasche oder Soda gegossen. Es bildet sich der im Wasser ganz unlösliche kohlensaure Kalk, während die Flüssigkeit jetzt Ätzkali oder Ätznatron, je nachdem man von Pottasche oder Soda ausgeht, enthält.

Auf diese Art kommt man zur Ätzlauge der Seifensieder. Kocht man mit ihr Fette, von denen wir ja wissen (siehe Seite 19), dass sie fettsaures Glycerin sind, so werden diese zerlegt, und zwar nach folgender Gleichung:

Fettsaures Glycerin (Fett) + Alkali = Fettsaures Alkali (Seife) + Glycerin.

Fettsaures Alkali ist nun Seife.

Schon Plinius der Ältere spricht davon, dass man in Germanien durch Kochen von Asche mit Fett eine Salbe bereite, doch wird sie erst etwa im zweiten Jahrhundert nach Christus als Reinigungsmittel verwendet, dient aber

Digitized by Google

auch zu jener Zeit noch wie bis dahin weit mehr als Medikament als zu diesem Zweck. Weiterhin weiss man dann, dass Marseille schon ums Jahr 1000 eine blühende Seifenindustrie hatte, der eine eigentliche Konkurrenz erst in der venetianischen Fabrikation im fünfzehnten Jahrhundert erwuchs, von welcher Zeit ab sich die Kunst ihrer Herstellung allmählich über die ganze Welt verbreitete.

Da man von den chemischen Vorgängen, die zur Bildung der Seife aus dem Fette führen, keinen Begriff hatte, so blieb diese ein völlig empirisch betriebenes Handwerk, bis der französische Chemiker Chevreul zu Anfang des Jahrhunderts die Natur der Fette, nämlich ihre Zusammensetzung aus Fettsäuren und Glycerin, erkannte. Damit kam denn auch Klarheit in die Seifenfabrikation, und nachdem hernach ausser der teuren Pottasche auch die billige Soda für ihre Bereitung zur Verfügung stand, begann jene Massenfabrikation, die sie heute auch dem ärmsten zugänglich macht.

Hatte man in alten Zeiten nur den tierischen Talg und etwa Olivenöl als Fette verwenden können, wodurch ehemals dieser Industrie eine gewisse Stetigkeit gegönnt war, so kamen mit der Ausbreitung des Handels immer neue Fette und Öle, die aus anderen Erdteilen eingeführt wurden, für ihre Fabrikation auf, die wieder besonders behandelt sein wollten, und viel Nachdenken seitens der Seifensieder verlangten, wollten sie neben dem fleissigen Nachbar existenzfähig bleiben.

Es hat mal jemand bekanntlich die Behauptung aufgestellt: Alles Unglück kommt vom Reisen. Hier könnte man sich an dieses Wort erinnert finden. Aber besser würde es wohl lauten: Aller Fortschritt kommt vom Reisen. Denn die Auffassung teilen wir doch eigentlich nicht, dass der Fortbestand des Schlendrians früherer Jahrhunderte ein Glück sein würde.

Ausserdem liefert jetzt auch manche Industrie Fett als Nebenprodukt. Das gilt namentlich vom Knochenfett.

Wir haben ja einmal ausführlich die Ausnutzung der Knochen (siehe Seite 40) besprochen. Für die dort an-

Digitized by Google

gegebenen Verwendungen ist ihr Fettgehalt belanglos, und so entzieht man ihnen erst diesen, bevor man sie für jene Zwecke benutzt. In älteren Zeiten kochte man sie kräftig, worauf ihr Fett schliesslich auf dem Wasser schwamm. Doch war der Erfolg des Verfahrens ein ziemlich unvollkommener. Heute extrahiert man sie dagegen nach passender Zerkleinerung in geeigneten Apparaten mit Benzin, das ja die Fette auflöst, und an dieses geben sie ihren gesamten Vorrat an ihm, der fast 10 Prozent beträgt, ab.

Der grosse Unterschied nun, ob die Fette mit Ätzkali oder Ätznatron verseift werden, ist der, die Kaliseifen bleiben weich, sind die „Schmierseifen", die Natronseifen dagegen sind hart.

Zur Herstellung der Schmierseifen verwendet man möglichst billige Öle, wie Thran, Hanföl, Leinöl, und kocht diese in einem eisernen Kessel mit der Kalilauge. Hat die Lauge allmählich eingewirkt, so nimmt der Inhalt des Kessels eine leimige Beschaffenheit an, womit im grossen und ganzen die Schmierseife fertig ist. Sie besteht sonach aus fettsaurem Kali, derjenigen Verbindung, die die eigentliche Seife repräsentiert, und ihr bleibt das Glycerin aus dem Fett, und das Wasser aus der Kalilauge beigemengt. So hergestellte Seife trocknet also nie an der Luft aus, bleibt immer weich. Man kann sie auch noch füllen, d. h. sie verträgt viele Zusätze, ohne dass man es ihr anzusehen vermag. So kann sie in Mengen z. B. Wasserglas (das ist kieselsaures Natron, siehe später beim Glas) aufnehmen, aber auch Lösungen von schwefelsaurem Kali und anderes werden verwendet. Für ihre reinigende Kraft sind solche Zusätze ganz überflüssig, aber sie helfen ihre Masse vermehren, und da sie an sich noch billiger als Schmierseife sind, können mit ihrer Hilfe dem Publikum solche gefüllten Seifen ausserordentlich wohlfeil angeboten werden.

Da man vor Erfindung der Soda, wie wir jetzt wissen, nur das aus der Pottasche dargestellte Ätzkali zum Verseifen zur Verfügung hatte, so konnte man in alten Zeiten

Digitized by Google

direkt nur Schmierseifen darstellen. Sehr früh fand man aber schon heraus, dass, wenn man zu dem auf diesem Wege erhaltenen siedenden Seifenleim Kochsalz setzt, eine grosse Veränderung eintritt. Infolge des Aussalzens setzt sich aus ihm eine Flüssigkeit ab, die sogenannte Unterlauge, die man wegfliessen lässt, und er selbst, der nun viel wasserärmer ist, geht in eine weisse halbfeste Masse über, die beim Abkühlen hart wird. Wie viele intelligente Seifensieder früherer Jahrhunderte mögen sich den Kopf über die Ursache dieser härtenden Kraft des Kochsalzes zerbrochen haben.

Der Grund der Änderung ist, wie wir heute wissen, der, dass das Kochsalz also Chlornatrium auf die Seife also das fettsaure Kali so einwirkt, dass sich infolge von doppelter Umsetzung Chlorkalium und fettsaures Natron bilden.

Fettsaures Kali + Chlornatrium = Fettsaures Natron + Chlorkalium
(Schmierseife) (Kochsalz) (Harte Seife)

Fettsaures Natron kann nicht alles aus der Lauge herstammende Wasser binden, dieses scheidet sich deshalb als Unterlauge ab, indem es gleichzeitig das durch die Verseifung aus dem Fett abgespaltene Glycerin und das Chlorkalium gelöst enthält, wodurch diese mit ihr zusammen entfernt werden. Genügt ein einmaliges Aussalzen nicht, um die Seife genügend zu härten, so wird die Prozedur wiederholt. Nach dem Erstarren liefert der so behandelte Seifenleim die echten Toilettenseifen. Da das Aussalzen nie vollständig gelingt, enthalten diese immer noch etwas fettsaures Kali, also nicht erstarrende Seife, und diese erteilt ihnen jene für den Gebrauch so angenehme Geschmeidigkeit. 100 Teile Talg geben nach diesem Verfahren verarbeitet etwa 160 Teile Kernseife.

Heute stellt man jedoch die bei weitem meisten Natronseifen so her, dass man die Fette sogleich mit Natronlauge, die seit Erfindung der Soda ja leicht zu haben ist, kocht, welches Verfahren sie, also die harten Seifen, dann direkt liefert.

Aber auch die Natronseifen können gefüllt werden. Lässt man nämlich den durch das Verseifen auf diesem

Digitized by Google

Wege erhaltenen Seifenleim nachträglich noch längere Zeit mit Wasser sieden, so erstarrt er nachher ebenfalls, ohne dass eine Abscheidung der Unterlauge stattfindet, zu einer harten Masse, und das fertige Produkt führt jetzt den Namen geschliffene Seife. Es enthält etwa 50 Prozent Wasser.

Hochgradig gefüllte Natronseifen lassen sich aber eigentlich nur mit Hilfe von Kokosnussöl herstellen.

In den an Kokospalmen reichen tropischen Gebieten wird das weisse Fruchtfleisch ihrer Nüsse getrocknet, und dann unter dem Namen Coprah nach Europa versandt. Hier gewinnt man aus ihm durch Auspressen bis 68 Prozent seines Gewichtes an Fett, das erst um 21° herum schmilzt, also bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich fest ist. Daher führt es den Namen Kokosbutter.

Man hat denn auch versucht aus ihm einen Butterersatz herzustellen, indem man durch Einleiten von gespanntem Dampf in das geschmolzene Öl die leicht flüchtigen Substanzen aus ihm entfernte, und hernach ein wenig freie Fettsäuren, die es noch enthielt, durch Zugabe einer basischen Substanz nämlich Magnesia neutralisierte. Da das fertige Produkt aber trotz dieser seiner Verarbeitung gewöhnlichen Sterblichen wenig schmeckt, vermochte es keinen Boden zu gewinnen.

Kokosnussöl für sich allein verarbeitet man nicht auf Seifen wegen des sehr unangenehmen Geruchs, der, wie die Erfahrung lehrt, diesen schliesslich anhaftet, sondern man nimmt 1 Teil Kokosnussöl und 2 Teile Palmöl und wohl auch etwas Talg.

Das Palmöl stammt von der Ölpalme, die an der Westküste Afrikas und in Mittelamerika viel vorkommt. Es ist in dem Fruchtfleisch sowie den Fruchtsamen reichlich vorhanden. Das Fruchtfleisch kochen die Eingeborenen zu seiner Gewinnung aus, während die Samen, die sehr harten Palmkerne, in Europa ausgepresst werden. Sie liefern hier etwa 40 Prozent ihres Gewichtes an Palmkernfett, und in Form ihrer Rückstände, unter dem Namen Palmkuchen, ein vorzügliches Futter speziell für Milchvieh (siehe Seite 58).

Digitized by Google

Das Kokosnussöl verseift sich nun ausserordentlich leicht, und diese leichte Verseifbarkeit überträgt es auf seine Mischungen. Erwärmt man sie unter Rühren mit starker Natronlauge, der man etwas Soda zusetzt, nur bis etwa 40° Celsius, so tritt schon völlige Verseifung ein, womit nach dem Erkalten die harte Seife fertig ist, indem eben die Eigenschaft des Kokosnussöles die ist, dass die ganze Flüssigkeit hernach ohne weiteres sogleich erstarrt. Dadurch, dass sie alles Wasser der verwendeten Lauge etc. einschliesst, bekommt man so aus 100 Teilen des Ölgemisches 300 bis 600 Teile Seife, oder die doppelte bis vierfache Ausbeute im Verhältnis zu dem, was Talg an Kernseife liefert.

Nun hören wir auch manchmal etwas von Harzseifen. Aus Harz, als welches hauptsächlich Kolophonium dient, lässt sich für sich allein eine im gewöhnlichen Leben brauchbare Seife nicht herstellen, weil sie gar zu mangelhaft ausfällt, wohl aber ist uns eine Lösung, wie sie durch Kochen von Harz mit Natronlauge erhalten wird, bereits in der Papierfabrikation (siehe Seite 168) als Leimungsmittel begegnet. Stellt man dagegen aus Talg oder Palmöl Seife dar, so kann man während der Fabrikation dem siedenden Seifenleim etwa die Hälfte vom verwendeten Fett an Harz zusetzen, das nun von der Natronlauge mitgelöst wird, und die sehr wohl brauchbare und sehr wohlfeile Harztalgseife liefert.

Kocht man also Talg oder ihm ähnliche Fette und Öle mit Kalilauge oder Natronlauge, so erhält man die eigentlichen Seifen. Wir wissen ja aber, dass es sehr viel mehr Alkalien als die genannten beiden giebt, folglich muss man auch andere Verbindungen als diese beiden Seifenarten zwischen den Fettsäuren und Alkalien herstellen können.

Da kommt zuerst das in chemischer Beziehung stärkste Alkali, das es überhaupt giebt, das ist der gelöschte Kalk, in Betracht.

Und so giebt es auch, wie uns die Theorie voraussehen lässt, solchen fettsauren Kalk. Nur ist er im Wasser

Digitized by Google

ganz unlöslich, liegt in diesem wie irgend ein anderes unlösliches Pulver tot dar, und das Wasser ist durchaus kein Seifenwasser im gewöhnlichen Sinne, indem es nicht schäumt etc.

Ja er erweist sich im Leben als recht störend. Infolge seiner Unlöslichkeit scheidet er sich momentan als Niederschlag aus, wenn sich ihm Gelegenheit bietet sich zu bilden, und bringen wir Seife also fettsaures Natron oder fettsaures Kali in gewöhnliches Wasser, so entsteht deshalb sogleich fettsaurer Kalk. Alles Wasser, abgesehen vom destillierten, enthält nämlich Kalk, wie das ja allgemein bekannt ist, also in unserem Gebrauchswasser wird er sich stets auf Zugabe von Seife bilden, und die Menge Fettsäure, die er bindet, ist für Reinigungszwecke verloren.

Je mehr Kalk ein Wasser enthält, um so mehr von ihm entsteht, um so grösser ist der Seifenverlust. Denn erst nachdem aller Kalk als fettsaurer Kalk gebunden ist, kann nunmehr weitere Seife das Wasser in Seifenwasser verwandeln, kann die Seife sein Schäumen veranlassen, ihm die reinigenden Eigenschaften, die wir von ihm erwarten, erteilen.

Im gewöhnlichen Leben unterscheidet man deshalb die weichen und die harten Wasser. Die weichen Wasser wie das Flusswasser sind arm an Kalk, sie geben mit wenig Seife bereits Schaum, während die harten Wasser, die Quellwasser, die sehr reich an ihm sind, erst einen ziemlichen Teil von ihr für die Bildung von fettsaurem Kalk verbrauchen, bevor auch sie schäumen.

Aus diesem Grunde sind die Verbindungen der in den Seifen vorhandenen Fettsäuren mit Kalk praktisch nicht verwertbar. Die Verhältnisse liegen aber anders, wenn man als Alkali Bleioxyd verwendet, also Fette statt mit Lauge mit diesem kocht. Es bildet sich dann fettsaures Blei, also eine Bleiseife, und diese Verbindung ist das, was wir Pflaster nennen. Unter Pflastern verstehen wir bekanntlich eine Masse, welche zäher und härter als eine Salbe, aber ganz wie diese bestimmt ist, als äusserliches Heilmittel verwendet zu werden. Man benutzt sowohl die

Digitized by Google

reine Bleiseife, also fettsaures Bleioxyd, als auch modifiziert man ihre Eigenschaften durch Zusätze aller Art. So ist das deutsche Heftpflaster meist ein auf Leinen gestrichenes Gemisch von 500 Teilen auf 60 bis 80 Grad erwärmter Bleiseife, mit 50 Teilen Wachs, sowie 50 Teilen geschmolzenem Dammarharz und Kolophonium, dem 5 Teile Terpentin zugesetzt worden sind.

Ganz etwas anderes ist, um das nebenbei zu erwähnen, das Englischheftpflaster. Dies wird so erhalten, dass man in einen Rahmen gespannten Taffet mehreremals mit einer Lösung von allerbestem Leim in verdünntem Spiritus überpinselt, bis eine Probe schliesslich nach dem Wiederanfeuchten gut auf der Hand klebt. Mit Benzoëharzlösung oder ähnlichem wird es ein wenig parfümiert.

Digitized by Google

X. Vortrag.

Glas. Spiegel. Kali- und Natrongläser. Strass. Rubinglas. Milchglas. — Thon. Lehm. Ziegel. Mörtel. Cement. Glasur. Töpferware. Steingut. Majolika. Porzellan. — Photographie. Höllenstein. Chlor-Brom-Jodsilber. Daguerreotypie. Entwickelung der Negative. Talbotypie. Eiweissverfahren. Nasses Kollodiumverfahren. Trockene Bromsilberemulsionsplatten. Platinotypie. Photographie des Spektrums. Rotes Licht. Retouche. Farbenempfindliche Platten. Buntphotographie. Chromgelatine. Pigmentdruck.

Wir lernten in der Seifenfabrikation das kieselsaure Natron, das Wasserglas, als ein leicht im Wasser lösliches Salz kennen, das zur Füllung von Seifen Verwendung findet. Dieses und das kieselsaure Kali sind die einzigen im Wasser löslichen Verbindungen der Kieselsäure. Aber auch sie verlieren ihre Wasserlöslichkeit, wenn sie gemischt mit anderen kieselsauren Salzen verschmolzen werden.

Schmilzt man daher z. B. Kieselsäure mit Kali und mit Kalk zusammen, so ist die erhaltene Schmelze eine Mischung von kieselsaurem Kali mit kieselsaurem Kalk, und daher eine in Wasser völlig unlösliche Masse. Wir nennen sie Glas, wenn sie mit der nötigen Erfahrung hergestellt, und in für uns brauchbare Formen gebracht ist.

In der Praxis schmolz man denn auch von altersher für die Glasfabrikation Kieselsäure (Sand) mit Pottasche, das ist also kohlensaures Kali als Lieferanten für das Kali, und kohlensaurem Kalk als Lieferanten für den Kalk zusammen. In der Hitze des Schmelzofens treibt die Kieselsäure als die im chemischen Sinne stärkere Säure die Kohlensäure aus den beiden anderen Verbindungen

Digitized by Google

aus. Nachdem sie gasförmig entwichen ist, besteht die Schmelze daher schliesslich aus dem Gemisch von kieselsaurem Kali und kieselsaurem Kalk, und ist nach dem Erkalten das, was wir Glas nennen.

Kieselsäure + kohlensaures Kali = kieselsaures Kali + Kohlensäure
Kieselsäure + kohlensaurer Kalk = kieselsaurer Kalk + Kohlensäure.

Da man die kieselsauren Salze in der chemischen Nomenklatur unter dem Namen Silikate zusammenfasst, ist Glas ein zusammengeschmolzenes Gemisch mehrerer Silikate.

Man braucht sich, wie aus unserer eine recht umfassende Deutung zulassenden Definition folgt, nun nicht streng an Kieselsäure, Pottasche und kohlensauren Kalk zu halten, und wirklich ersetzt man in den Gläsern bald den einen, bald den anderen der Bestandteile ganz oder teilweise durch eine andere Säure oder eine andere Base, die sich als für die Fabrikation geeignet erwiesen haben. Die wichtigsten von ihnen werden wir im folgenden zu besprechen haben.

Zum Zusammenschmelzen der in der Glasfabrikation verwendbaren Materialien ist stets eine recht hohe Temperatur erforderlich. Dies allein schon genügt, um die Plinius'sche Erzählung von der Erfindung des Glases ins Reich der Fabel zu weisen, zufolge welcher phönizische Kaufleute ein Feuer unter einem Gefäss gemacht haben sollen, das sie mit Hilfe von Stücken Soda[1]) hohl stellten. Indem nun durch die Hitze die Soda schmolz, habe sie mit dem Sande, also der Kieselsäure des Bodens, und dessen sonstigen Bestandteilen Glas geliefert. Ein Feuer, wie das erwähnte, genügt aber durchaus nicht zum Glasschmelzen, und wenn trotzdem Glas uralt bekannt ist, wie das aus Gräberfunden folgt, braucht es uns nicht zu wundern, weil man vom Metallschmelzen her schon sehr früh in der Herstellung hoher Temperaturen Übung hatte.

1) So übersetzen die Philologen das Wort. Sicher ist natürlich, dass Plinius das, was wir heute als Soda anzusehen gewöhnt sind, nicht gekannt hat.

Digitized by Google

Im Altertum war Glas recht kostbar. Die berühmtesten Fabriken des Mittelalters befanden sich zu Murano bei Venedig, wo die Fabrikation, nachdem sie fast zu Grunde gegangen war, in unserer Zeit neu belebt worden ist. Heute wird Glas wohl in jedem Lande fabriziert, dessen Arbeitslöhne nicht gar zu hoch sind.

Seine uns ganz selbstverständlich erscheinende und durch nichts anderes zu ersetzende Verwendung als Fensterglas kam infolge des hohen Preises, in dem es stand, erst sehr allmählich in Aufnahme. Kein altgriechisches oder altrömisches Haus hatte Glasfenster, und ebensowenig kannte man sie in den Palästen Karls des Grossen oder Wilhelms des Eroberers. Nachdem man Kirchen schon im zehnten Jahrhundert mit ihnen ausgestattet hatte, kamen sie in reichen Privathäusern etwa im vierzehnten Jahrhundert in Gebrauch, aber es hat noch weitere Jahrhunderte gedauert, bis sie das geölte Papier und die festen Fensterladen völlig verdrängten. Die ganz besondere Vorliebe, mit der die frühmittelalterlichen deutschen Dichter den wiederbeginnenden Frühling besingen, mag zum Teil hiermit zusammenhängen. Erlöste er doch nach dem langen Winter die Menschen vom Sitzen in halbdunkelen meist nur durch flackernde Kienspäne erhellten Räumen.

Die Glasfabrikation braucht also Kieselsäure. Diese steht ihr in Form von Sand, welcher chemisch Kieselsäure ist, oder als Quarz, der die Kieselsäure im krystallisierten Zustande darstellt, zur Verfügung. Je reiner das Rohmaterial ist, um so besser ist es verwendbar. Namentlich ein Gehalt an Eisen ist störend, indem das kieselsaure Eisen, das sich bei seiner Gegenwart in der Fabrikation bildet, sehr dunkel gefärbt ist. Dies ist der Grund für die stets dunkle Färbung billiger Gläser. Es sei in der Beziehung an die Weinflaschen erinnert. Auch war in älteren Zeiten alles Fensterglas grünlich, indem ganz eisenfreier Sand selten und daher vielerorts gar nicht zu haben war. Heute wird er weithin mit Hilfe der modernen Verkehrsmittel verschickt.

Nur in sehr seltenen Fällen giebt man in Gläser als

Digitized by Google

teilweisen Ersatz der Kieselsäure die viel teurere Borsäure. Sie erteilt ihnen einen hohen Grad von Glanz, und macht sie ausserdem für manche optischen Zwecke besonders brauchbar.

Da jedes brauchbare Glas Kali oder Natron enthalten muss, und in älteren Zeiten nur Kali in Form der Pottasche zu haben war, kannte man auch nur kalihaltige Gläser. Der Bedarf an letzterer war mit ein Grund, dass man namentlich in Deutschland die Glasfabriken gern in Wäldern anlegte. Sie lieferten einmal das nötige Brennmaterial für den Betrieb der Schmelzöfen, und die erhaltene Holzasche (siehe Seite 44) diente gleichzeitig zur Herstellung der Pottasche, von der diejenige Menge, die über diese Selbsterzeugung hinaus gebracht wurde, ebenfalls in solchen Gegenden am leichtesten zu haben war.

Als Ersatz der Pottasche kam dann die Soda auf. Aber die Sodafabrikation liefert in sich für die Glasfabrikation ein noch billigeres Ersatzmittel, was man bald herausfand. Wie wir wissen, erfordert diese Fabrikation, wenn sie nach Leblancs System erfolgt, als erstes Stadium die Überführung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron. Und schwefelsaures Natron kann in der Glasschmelze an Stelle von Soda verwendet, braucht also für diesen Zweck nicht erst in Soda übergeführt zu werden, wenn man zugleich Kohle[1]) zusetzt. Es bildet sich aus ihm und der Kieselsäure dann ebenfalls kieselsaures Natron.

Der kohlensaure Kalk kommt zumeist in Form von

---

1) Die Umsetzung geht so vor sich: Während die Kieselsäure das Natron in Beschlag nimmt, wirkt die gleichzeitig zugesetzte Kohle auf den zweiten Bestandteil des schwefelsauren Natrons die Schwefelsäure ein. In der hohen Temperatur der Schmelze verbrennt die Kohle auf Kosten des Sauerstoffs derselben zu Kohlenoxydgas, das gasförmig entweicht. Wenn aber der Schwefelsäure Sauerstoff entzogen wird, so wird sie ihrerseits in schweflige Säure übergehen (siehe den umgekehrten Prozess Seite 182). Diese ist, wie wir wissen, auch ein Gas, und sie entweicht ebenfalls als solches, weshalb in den fertigen Gläsern trotz Verwendung des schwefelsauren Natrons fast gar kein Schwefel vorhanden ist.

Digitized by Google

Kreide zur Verwendung, indem diese, die in ihrem reinsten Zustande geradezu chemisch reiner kohlensaurer Kalk ist, sich leicht frei von störenden Beimengungen, namentlich fast oder ganz frei von Eisen, beschaffen lässt.

An die Stelle des Kalks können, wie erwähnt, in der Glasfabrikation eine ganze Reihe anderer Basen treten. Viel verwendet wird namentlich das Bleioxyd.

Schliesslich schmelzen die Fabriken altes Glas wieder mit ein, und wandern aus diesem Grunde die Glasscherben massenhaft zu ihnen zurück.

Die Rohmaterialien der Glasfabrikation werden, nachdem sie mittelst Maschinen aufs beste gemischt sind, in grossen Häfen eingeschmolzen. Von den Schmelzöfen wird natürlich hohe Hitze bei möglichst geringem Brennmaterialverbrauch verlangt, weshalb sie jetzt zumeist mit Regenerativgasfeuerungen, auf deren Einrichtungen wir in der Eisenindustrie zurückzukommen haben, versehen werden.

Aus der Schmelze wird sodann vom Glasbläser mit Hilfe der sogenannten Glasmacherpfeife etwas Glas herausgeschöpft, das er durch Blasen in alle möglichen Formen bringt, wobei ihm ein zweiter Arbeiter, wenn das herzustellende Objekt komplizierter ist, helfen muss. Die Pfeife ist weiter nichts als ein Stück Metallrohr, das in der Mitte seiner Länge mit Holz bekleidet ist, damit es, wenn es auch selbst heiss wird, leicht anfassbar bleibt. Die Herstellung gewöhnlicher Flaschen erfolgt jetzt auch mittelst Maschinen. Die heissen fertiggestellten Glaswaren kommen in die Kühlöfen, in denen sie erst im Laufe einiger Tage völlig erkalten, da sie sonst so spröde werden, dass sie praktisch unverwertbar sind. Bemerkt sei, dass unser Fensterglas ebenfalls auf diesem Wege hergestellt wird. Durch das Blasen erzeugt der Arbeiter einen möglichst grossen länglichen Cylinder, der schliesslich mit der Schere aufgeschnitten wird. Er ist dann noch so weich, dass er sich glatt strecken lässt, worauf er in Plattenform in den Kühlofen wandert, den er als fertige Scheibe verlässt.

Digitized by Google

Eine Erfindung von grosser Wichtigkeit war das Giessen des Glases, die ins siebzehnte Jahrhundert fällt. Zu dem Zwecke lässt man es im geschmolzenen Zustande auf genügend grosse Metalltische, die mit einer Randerhöhung versehen sind, laufen. Jene grossen Spiegelscheiben, die wir heute an den Kaufläden sehen, sind alle durch Abschleifen von auf diesem Wege erhaltenen Platten hergestellt. Die beliebige Dicke, in der man sie giessen kann, ermöglicht sie auch so stark herzustellen, dass sie zu Oberlichtfenstern, die in Fussböden eingelassen werden, dienen können. Für solche Zwecke werden sie natürlich nicht erst geschliffen.

Glasplatten dienen auch zur Herstellung der Glasspiegel, die die ehemaligen Metallspiegel längst verdrängt haben. Bis zu ihrer Erfindung bediente man sich namentlich schönpolierter Silberplatten, oder solcher, die aus zwei Teilen Kupfer und einem Teil Zinn einer sehr weissen Legierung zusammengeschmolzen waren. Infolge der Empfindlichkeit der Metalle und namentlich des Silbers, das so leicht schwarz wird, war ihre Benutzung aber recht unbequem. Ganz anders die Glasspiegel, bei denen die spiegelnde Fläche durch Glas geschützt, völlig äusseren Einflüssen entrückt ist.

Um eine Glasplatte in einen Spiegel zu verwandeln, brachte man auf ihre eine Seite ein Blatt Zinnfolie, d. h. dünngeschlagenes Zinn, das man mit Quecksilber übergoss. Letzteres löst das Zinn auf, es bildet sich ein Amalgam, wie man das nennt, und speziell dieses Amalgam hat die Eigenschaft erstens vorzüglich zu spiegeln, und zweitens sehr fest am Glase zu haften. Durch allmähliches Schiefstellen der ursprünglich horizontal liegenden Scheibe bewirkte man das Abfliessen des überschüssigen Quecksilbers, das etwa vier Wochen Zeit erfordert, womit der Spiegel fertig war.

So hergestellt lassen diese kaum etwas zu wünschen übrig. Aber ihre Fabrikation ist für die mit ihr Beschäftigten höchst gefährlich, indem die Arbeiter einer allmählichen Vergiftung durch die Dämpfe des Queck-

Digitized by Google

silbers ausgesetzt sind. Quecksilber verflüchtigt sich nämlich schon bei Zimmertemperatur, ähnlich wie Wasser, wenn auch in weit geringerem Grade als dieses.

Während bei dieser Art der Spiegelfabrikation das Zinnamalgam die spiegelnde Fläche liefert, kannten die Chemiker schon lange ein ganz anderes Verfahren, bei dem sich nicht Quecksilber, sondern Silber als spiegelnder Belag auf dem Glase abscheidet. Der Vorschlag, nach dieser Methode im grossen zu arbeiten, ging von England aus.

Die Grundlage des Verfahrens — die genauen chemischen Vorgänge lassen sich hier nicht klar legen — ist die, dass man Lösungen von Silber herstellen kann, aus denen das Metall durch gewisse Zusätze als solches wieder abgeschieden wird. Wählt man diese Zugaben passend, so fällt es nicht etwa rasch als Pulver aus, sondern nur ganz allmählich, und bedeckt dann die Wände des Gefässes, in welchem diese langsame Abscheidung vor sich ging, als prachtvoll spiegelnder Belag. Zur einseitigen Versilberung des Glases auf diesem Wege verfährt man deshalb so, dass man diese Seite mit der passend gewählten Mischung begiesst, worauf sie nach einiger Zeit versilbert ist. Da nun Silber das weisseste Metall ist, das es giebt, sind diese Spiegel auch ihren Vorgängern insofern überlegen, als ein mit Hilfe von Quecksilber hergestellter Spiegel neben sie gehängt vergleichsweise dunkel erscheint. Ihre Fabrikation ist, wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, infolge Fortfalls der giftigen Quecksilberdämpfe völlig unschädlich für die mit ihr beschäftigten Arbeiter. Sie ist auch trotz der Verwendung von Silber an sich nicht teuer. Auf einem Quadratmeter Spiegelfläche schlagen sich nämlich nur etwa 2,5 Gramm an Metall nieder, die heute kaum einen Wert von 20 Pfennigen haben.

Ganz allgemein gilt der Satz, dass Kaligläser weit schwerer schmelzbar als Natrongläser sind. Deshalb werden Gegenstände aus Kaliglas eigentlich nur noch für

Digitized by Google

Chemiker und Physiker hergestellt. Hinsichtlich der Glasgefässe, in denen in den chemischen Laboratorien so viel gekocht wird, sind die Fortschritte der neuesten Zeit, die ihre Grundlage in der vollen Ausnutzung unserer Kenntnisse von dem chemischen und physikalischen Verhalten des Glases haben, ausserordentliche. Solche Gefässe müssen sehr dünn sein, damit sie sich rasch gleichmässig erwärmen. In der Hand des Geübten ist trotzdem, infolge des gewohnheitsmässigen Umgehens mit ihnen, ihre Zerbrechlichkeit keine grosse. Während man aber bis vor wenigen Jahren bei ihrem Erhitzen stets vorsichtig sein musste, giebt es jetzt eine Sorte von Kochgefässen, die man z. B. mit Flüssigkeiten, die in ihnen auf 180—200° erhitzt sind, sofort in kaltes Wasser tauchen kann, ohne dass sie zerspringen, eine Leistung auf glastechnischem Gebiet, die man kaum für möglich erachten sollte.

Die leichtschmelzbarsten Gläser, deren Besprechung wir an die schwerschmelzbaren anreihen wollen, werden durch Ersatz des grössten Teils des Kalks durch Bleioxyd dargestellt. Solches Glas lässt sich ganz vorzüglich verarbeiten, und aus ihm werden auch durch Pressen jene schönverzierten Teller, Schüsseln, Aufsätze hergestellt, die jetzt so viel im Gebrauch sind. Natürlich zeigen die gepressten Gläser nie die scharfen Kanten geschliffener Facetten, aber ihr Preis ist auch ein verhältnismässig niedriger im Vergleich zu den nach dem teuren Schleifverfahren hergestellten Waren.

Verzichtet man ganz auf den Kalk und schmilzt ein Glas aus Kieselsäure, Pottasche und Bleioxyd zusammen, also ein reines Doppelsilikat von kieselsaurem Kali und kieselsaurem Blei, so erhält man den Strass. Das ist eine Glasmasse von so hohem Glanze, dass man mit ihr alle Edelsteine nachahmen kann. Sind diese künstlichen Steine gut geschliffen und poliert, so sind sie äusserlich durch blosses Ansehen in keiner Weise von ihnen zu unterscheiden. Der Unterschied besteht aber darin, dass sie, da das Bleiglas sehr weich ist, bei häufigem Tragen bald zerkratzt werden, und hierdurch gerade stehen sie in vollem Gegensatze zu den fast unzerstörbaren wahren Edelsteinen.

Digitized by Google

Um die verschiedenen Arten von diesen nachzuahmen, wird der Glassatz passend gefärbt.

Das Färben aller Gläser erfolgt durch Zugabe geeigneter Substanzen zur schmelzenden Glasmasse, so färbt sie sich durch Zusatz von Kobalt, wie wir schon Seite 161 erwähnten, blau. Das schönste gefärbte Glas ist sicherlich das Rubinglas, zu dessen Herstellung Gold in einer geeigneten chemischen Verbindung, z. B. als sogenannter Goldpurpur der geschmolzenen Masse zugesetzt werden muss. Dieses prachtvoll rote Glas findet fast nur in Form von Schalen für kostbare Tafelaufsätze und ähnliches Verwendung. Die Menge des zum Färben nötigen Goldes ist recht gering.

Nun haben wir noch zum Schluss das Milchglas zu erwähnen. Dieses wird dadurch erhalten, dass man der Glasmasse phosphorsauren Kalk, und zwar meist die Asche von Knochen (siehe Seite 41) zusetzt. In der Hitze erhält man dann eine klare Schmelze, die wie jedes andere Glas verarbeitet wird. Beim Abkühlen scheidet sich aber der phosphorsaure Kalk wieder aus, und erteilt dem fertigen Glase die gewünschte Undurchsichtigkeit. Dem phosphorsauren Kalk ähnlich wirken einige andere Materialien, wie der Kryolith, ein nur auf Grönland vorkommendes Thonerde und Natron in Verbindung mit Fluor enthaltendes Mineral, welches ganz eisenfrei ist.

Das mit Kryolith hergestellte Milchglas eignet sich besonders für Lampenschirme, indem man durch diese hindurch die betreffende Flamme nicht sieht, während sie durch das nach dem älteren Verfahren dargestellte Glas blutrot durchscheint.

Wir kommen nunmehr zu den Thonwaren.

In der Natur finden sich vieler Orten Erdarten, die, wenn man sie mit Wasser anrührt, eine zähe Masse bilden, welche knet- und formbar ist. Man nennt sie Thon, und

Digitized by Google

je nach den Beimischungen, die sie enthalten, variiert ihre Verwendbarkeit und damit ihr Spezialname.

Am häufigsten findet sich der Lehm, das ist ein Thon, der schon ziemlich viel Sand enthält und durch einen Eisengehalt braungelb gefärbt ist. Bringt man ihn in die Form länglicher Stücke von rhombischem Querschnitt, so bekommt man die Ziegel. Lässt man sie an der Luft austrocknen, so ist ihre Haltbarkeit sehr gering, indem jeder Regen sie wieder zum Zerfliessen bringt. Immerhin dienen diese Luftziegel noch mancherwärts zum Ausfüllen der Zwischenwände von Fachwerksbauten.

Zu einem wirklich haltbaren Stein, zum eigentlichen Ziegel, werden die Luftziegel erst durch das Brennen. Für diese Prozedur setzte man sie, zwischen die man Lagen von Holz, Torf oder Steinkohle brachte, in alten Zeiten so zu einem Haufen zusammen, den man aussen mit Lehm bewarf, dass das in Brand gesetzte Feuerungsmaterial sie möglichst erhitzte. Hierdurch tritt das sogenannte Sintern ein, dass heisst, leicht schmelzbare Teilchen im Lehm erweichen so weit, dass sie sich fast verflüssigen, und durch sie ist das bei der Temperatur, die im Haufen herrscht, unschmelzbare Gerüst des Steines nach dem Erkalten zu einem festen Ganzen vereinigt, sozusagen zusammengeklebt. Indem in der Hitze zugleich der Eisengehalt des Lehmes in rotes Eisenoxyd übergeht, zeigen die fertigen Ziegel dessen Farbe.

Heutzutage brennt man sie in den sogenannten Ringöfen, die eine weit vollkommenere Ausnutzung des Brennmaterials ermöglichen.

Wir wollen an dieser Stelle im Anschluss an die Ziegel sogleich den Mörtel besprechen, indem sich später keine Gelegenheit dazu bietet. Der Mörtel, den man gewöhnlich bei Ziegelbauten benutzt, ist ein Gemisch von gelöschtem Kalk mit Sand.

Wird Kalkstein geglüht, so zerfällt er, wie wir wissen (siehe Seite 179) in seine Bestandteile Ätzkalk und Kohlensäure. Der Ätzkalk ist eine Masse, die an Härte dem

Digitized by Google

ungebrannten Kalkstein wenig nachgiebt. Nur kommt ihm wie erwähnt die merkwürdige Eigenschaft zu in Berührung mit Wasser sich völlig zu ändern, und so hart er im trockenen Zustande ist, unter dem Einfluss desselben völlig zu zerfallen. Der durch den Einfluss des Wassers auf den gebrannten Kalk erhaltene, sogenannte gelöschte Kalk lässt sich dann mit Wasser zu einem Brei anrühren. Dieser stellt mit Sand gemischt den gewöhnlichen Mörtel dar.

Er erhärtet zwischen den Ziegeln allmählig völlig, indem sein Kalkgehalt mit der Kohlensäure der Luft sich wieder zu kohlensaurem Kalk verbindet. Daher stammt der Gebrauch brennende Kokskörbe in Neubauten aufzustellen, sie liefern reichlich Kohlensäure und befördern so diesen Prozess. Im Laufe der Jahrhunderte wirkt aber auch der Sand, welcher chemisch doch Kieselsäure ist, ein. Es bildet sich auch kieselsaurer Kalk, dem eine ausserordentliche Festigkeit zukommt. Und daraus erklärt sich die grosse Festigkeit sehr alter Ziegelbauten. Nicht die Alten haben so festen Mörtel gemacht, sondern das Alter.

Derartiger Mörtel kann nur an der Luft erhärten, weil Kohlensäure dazu nötig ist, ist deshalb zu Bauten unter Wasser nicht zu verwenden.

Enthalten Mörtel jedoch vom gebrannten Rohmaterial her gewisse Beimischungen, z. B. ziemlich viel Thon also Kieselsäure und Thonerde, so zeigen sie die Eigenschaft unter Wasser zu erhärten. Man nennt solche Mörtel heutzutage Cemente. Das Altertum kannte sie bereits, indem in der Natur manche stark thonhaltigen Kalksteine vorkommen, die aus diesem Grunde Wassermörtel, Cement, liefern, was man durch Zufall herausfand. Die Neuzeit, deren Cementbedarf ins Riesige gestiegen ist, mischt dem Kalkstein vor dem Brennen absichtlich Thon und ähnliches zu, und kann so, unabhängig vom zufälligen natürlichen Vorkommen thonhaltiger Kalksteine, jedes gewünschte Quantum Cement erzeugen.

Der Hauptbestandteil aller Thone, zu deren Ver-

Digitized by Google

wendung wir nunmehr wieder zurückkehren, im streng wissenschaftlichen Sinne der Chemie bezeichnet, ist also die kieselsaure Thonerde. Sie ist, was wir uns in Rücksicht auf die weiteren Mitteilungen über Thonwaren besonders merken wollen, im reinen Zustande im Ofenfeuer unschmelzbar. Beimengungen aber von Sand also Kieselsäure nebst solchen von Kalk, Kali, Eisenoxyd setzen ihre Feuerbeständigkeit sehr herab. Wir wissen ja von der Fabrikation des Glases her, dass kieselsaures Kali und kieselsaurer Kalk und ebenso gut kieselsaures Eisen sich zu einem Glas zusammenschmelzen lassen. Diese Beimengungen im Lehm schmelzen also beim Brennen desselben, der Ziegel sintert infolgedessen, und die beim Erkalten wieder erstarrenden halb verflüssigt gewesenen Glasteilchen bedingen wie erwähnt nachher die Festigkeit des Ziegels.

Ist nun umgekehrt ein Thon recht arm an den genannten Beimengungen, so wird er sehr feuerbeständig sein, und aus derartigem Material, das sich ebenfalls vieler Orten in der Welt findet, werden die feuerfesten Ziegel, aus denen man die Feuerungsanlagen der Industrie und ähnliches baut, hergestellt. Man nennt sie auch Chamotteziegel. Was dieser Name eigentlich bedeutet, ist nicht bekannt.

Die Formbarkeit des Thons erlaubt natürlich nicht nur so einfache Dinge, wie es ein Ziegel ist, herzustellen, sondern ermöglicht die Anfertigung der verschiedenartigsten Objekte.

Wenn man ihn auf einer sich drehenden Scheibe verarbeitet, gelingt es leicht bauchige und sonstwie geformte Gefässe von kreisförmigem Querschnitt herzustellen, und die Drehscheibe der Töpfer ist bei manchen Völkern, z. B. den Chinesen, eine so alte Erfindung, dass sie schon vor den Zeiten, aus denen schriftliche Aufzeichnungen überkommen sind, im Gebrauch war.

Brennt man ein so hergestelltes Gefäss im Ofen, so wird es nach Art der Ziegelsteine porös ausfallen, kurzum wenig brauchbar sein und sich kaum zu etwas anderem als zu Blumentöpfen eignen. In dasselbe gegebene Flüssig-

Digitized by Google

keiten werden sich in seine Wände hineinziehen, vielleicht sogar durchsickern, so dass es jedenfalls nicht wieder völlig zu reinigen ist. Zur Abhilfe dieser Übelstände werden deshalb solche Geschirre glasiert, d. h. mit einem Glas überzogen.

Wir wissen bereits, dass die leichtschmelzbarsten Gläser die Bleigläser (siehe Seite 212) sind. Daher ist die billigste Töpferglasur die, dass man irgend eine in der Natur vorkommende Bleiverbindung, die sich dazu eignet, mit etwas Lehm zusammen feinmahlt, und mit dieser Mischung, die man in Wasser aufschwemmt, das zu glasierende Gefäss übergiesst. Brennt man es hernach im Ofen, so schmilzt das Bleiglas auf der Oberfläche zusammen, indem es sich aus der Kieselsäure des Lehms und dem Blei bildet, und nunmehr ist das Gefäss nicht mehr porös und nach „einmaligem“ Brennen fertig. Die von den Töpfern verwendete Bleiverbindung ist der Bleiglanz, der sich vielerwärts auf der Erde findet. Wegen der Giftigkeit dieses Metalls gehören aber auf diesem Wege glasierte Gefässe nicht in die Küche, indem saure Speisen, also die mit Essig zubereiteten z. B., aus ihnen Blei auflösen. Heutzutage ist ihr Verkauf als Küchengeschirr daher gesetzlich verboten.

Man hat deshalb in neuerer Zeit versucht die Zusammensetzung dieser Glasuren so abzuändern, dass nach dem Brennen der Ware alles Blei in ihnen in so feste chemische Verbindungen übergegangen ist, dass sie von sauren Speisen, die doch in chemischem Sinne immer nur schwach sauer sind, nicht mehr angegriffen werden. Namentlich in Bayern hat man in der Beziehung Erfolge erzielt.

Ein weit haltbareres Material als die gewöhnliche Töpferware ist das Steinzeug. Zu seiner Herstellung verwendet man einen Thon, der bei nicht zu hoher Temperatur so vollständig sintert, also so weit zusammenschmilzt, dass schliesslich eine für Flüssigkeiten ganz undurchlässige harte Masse entsteht. Deshalb brauchten

Digitized by Google

z. B. jene billigen grauen oder hellbraunen Krüge, in denen das natürliche Selterwasser verschickt wird, die auf diesem Wege hergestellt sind, gar nicht glasiert zu werden, um wasserdicht zu sein.

Doch geschieht dies hier sowohl wie bei allem anderen in den Handel gebrachten Steinzeug, um ihm ein ansehnlicheres glänzendes Äussere zu geben, und zwar in folgender sehr einfachen Art.

Hat der Ofen, in dem das Geschirr gebrannt wird, seine volle Hitze erreicht, so schüttet man Kochsalz ins Feuer und verschliesst für einige Zeit seine Abzugsöffnungen. Der Ofen füllt sich infolgedessen, da Kochsalz nicht gerade schwerflüchtig ist, mit seinen Dämpfen. Es besteht, wie wir wissen, aus Chlor und Natrium. So kommt Natrium mit der Kieselsäure des Thones an der Oberfläche der Gefässe in Berührung, es bildet sich etwas kieselsaures Natron, und dieses mit anderen Silikaten zusammen, — der Thon besteht ja aus Silikaten, — ist doch ein Glas. So genügt denn das Hineinwerfen des Kochsalzes zum Glasieren dieser billigen Steingutwaren, die also ebenfalls nur „einmal“ ins Feuer kommen.

Hat man für die Herstellung von Steinzeug einen sehr reinen d. h. möglichst eisenfreien Thon gewählt, und schmilzt, nachdem das aus diesem hergestellte Gefäss, welches also fast weiss ausfallen wird, einmal gebrannt und hierbei völlig gesintert ist, nachträglich noch eine schön weisse Glasur auf, so erhält man das wahre Steingut, das also im Gegensatz zur Töpferware „zweimal“ gebrannt wird. Es unterscheidet sich äusserlich kaum vom Porzellan, auf das wir gleich ausführlich kommen. Nur ist es lange nicht so haltbar wie dieses, indem seine bei verhältnismässig niedriger Temperatur aufgeschmolzene Glasur mit der des Porzellans hinsichtlich ihrer Güte keinen Vergleich aushalten kann und bei der Benutzung durch Zerkratzen bald feine Risse bekommt, die sich nicht mehr reinigen lassen, und es unansehnlich ja geradezu unappetitlich machen, wenn es sich um Essgeschirre handelt.

Dies Verhalten der Glasur kommt daher, dass die Temperatur, bei der ihr Einbrennen erfolgt, beim Stein-

Digitized by Google

gut nicht hoch ist, wodurch sehr an Brennmaterial gespart wird, und um diese Glasur von genügender Leichtschmelzbarkeit zu haben, setzt man ihr Borax und auch Bleioxyd zu. Das letztere ist, da die Zusammensetzung der Mischung passend gewählt wird, schliesslich so fest gebunden, dass Säuren es nicht mehr lösen können, Steingut trotzdem also durchaus als Kochgeschirr Verwendung finden kann.

Die einmal im Ofen für die Zwecke der Steingutfabrikation gebrannten Gefässe haben somit in dem unglasierten Zustande, in welchem sie wieder aus dem Ofen kommen, durch die völlige Sinterung schon ihre volle Festigkeit erlangt. Bei dem für das Aufschmelzen der Glasur auf Steingutgefässe nötigen zweiten Brennen ist von einem nochmaligen Sintern keine Rede, findet daher im Gegensatz zum Porzellan, wie wir bei diesem sehen werden, keine Zunahme der Festigkeit mehr statt. Andrerseits liegt daher auch nicht die Gefahr vor, dass Steingutwaren sich im zweiten Feuer nach Art des Porzellans (siehe weiterhin) im Ofen verziehen, also ihre regelmässige Form verlieren könnten. Und so findet man am Boden von Steingutwaren, betrachten wir z. B. einmal einen Steingutteller, im Unterschied zum Porzellan (siehe dort) meist nur drei gegen die übrige Glasur etwas eingedrückte Vertiefungen, welche die Stellen sind, an denen der Teller während des Einbrennens der Glasur auf Stützpunkten auflag. Dagegen erweist sich der untere Rand eines Porzellantellers ganz frei von Glasur, wofür wir den Grund Seite 223 kennen lernen werden.

An das gewöhnliche Steingut wollen wir die Fayence anreihen. Ihren Namen hat diese Art von Thonwaren von der italienischen Stadt Faënza her, in der sie zuerst gefertigt wurde. Gleichbedeutend ist der Name Majolika, der an die Insel Majorka erinnert, indem auf dieser in alter Zeit ebenfalls viel solches Geschirr fabriziert worden ist.

Die Fayence verlangt einen sehr bildsamen, plastischen Thon, damit man jene Objekte wie Schüsseln, Teller etc.,

Digitized by Google

aus ihm herstellen kann, deren en relief ausgeführte Verzierungen häufig ihren Hauptwert ausmachen. Das so hergestellte Gefäss wird ziemlich scharf gebrannt und erhält dadurch eine bedeutende Festigkeit. Infolge der Feuerbeständigkeit des verwendeten Thones sintert es nur wenig zusammen, wodurch die Konturen der Figuren recht gut erhalten bleiben.

Andrerseits ist aber, wie wir wissen, ein ungenügend gesinteter Thon porös, und deshalb muss alle Fayence, um wasserdicht zu sein, nachträglich glasiert werden.

So wird denn auch die Fayence, nachdem sie einmal gebrannt ist, mit Glasurmasse überzogen und ein zweites Mal in einen Ofen gegeben. Wenn man die Glasurmischung so wählt, dass sie zu einem undurchsichtigen weissen oder zu einem gefärbten Glase zusammenschmilzt, kann man auf diese Wege gleichzeitig die grösste Abwechselung erreichen. Die undurchsichtige weisse Glasur wird hauptsächlich durch Zugabe von Zinnoxyd zur gewöhnlichen Glasurmischung erzielt. Derartige Fayencen fallen dann weit mehr unter den Begriff des Kunsthandwerks als den der Industrie.

Wir wenden uns nunmehr zur vollkommensten aller Thonwaren, zum Porzellan.

Es hat manche für den Gebrauch des Glases wertvolle Eigenschaften in fast noch höherem Grade als dieses selbst. So ist es härter und erträgt den Temperaturwechsel viel besser ohne zu zerspringen. Dagegen lässt es sich allerdings nicht so vielgestaltig verarbeiten wie jenes, und muss man sich an Stelle der Durchsichtigkeit mit seinem reinen Weiss begnügen.

In China und Japan ist es seit langem bekannt. In Europa erfand es der sächsische Alchymist Böttcher 1703. Anfangs erhielt er es nur von brauner Farbe, und 1710 gelang ihm zuerst die Darstellung rein weisser Gefässe, welche seit jenem Jahre in Meissen fabrikmässig hergestellt werden, an welchem Orte Böttcher im Auftrage des Königs August des Starken halb als Gefangener der Kunst des Goldmachens nachging.

Digitized by Google

Da vom Porzellan ein reines Weiss verlangt wird, und da es bei möglichst hoher Temperatur gebrannt werden muss, um seine edlen Eigenschaften zu zeigen, kann nur ein eisenfreier Thon, der, um die enorme Hitze der Brennöfen zu ertragen, fast frei von Flussmitteln ist, zu seiner Herstellung dienen.

Dieser findet sich nicht allzu häufig, man bezeichnet ihn als Kaolinthon. Zu seiner Reinigung wird er geschlämmt, d. h. mit sehr viel Wasser angerührt. Alle schweren und gröberen Beimengungen sinken, sobald das Rühren aufhört, in diesem rasch zu Boden, während die feinen Partikeln sich in ihm schwebend erhalten. Trennt man dann die Flüssigkeit vom groben Bodensatz, so wird sich bei weiterem Stehen in einem zweiten Gefässe aus ihr der reine Thon absetzen. So erhalten ist er infolge seiner Reinheit so feuerbeständig, dass er im Ofenfeuer kaum zum Sintern zu bringen ist, und um ihn zu Gefässen brennen zu können, muss ihm etwas Flussmittel zugesetzt werden. Als solches dient feinstgemahlener und geschlämmter Kalifeldspat, ein sich in der Natur findendes Mineral, das in sehr hoher Temperatur glasartig zusammenschmilzt. Dies nimmt uns nicht besonders Wunder, wenn wir erfahren, dass die Feldspate Doppelsilikate von kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurem Kali oder kieselsaurem Natron, auch kieselsaurem Kalk sind, denn dieses sind zum Teil ja die gleichen Materialien, wie die, aus denen man das Glas herstellt (siehe Seite 206).

Formt man Gefässe aus dem Gemisch von geschlämmtem Kaolin und geschlämmtem Feldspat, so ziehen sie sich beim Brennen so sehr zusammen, dass sie häufig Risse bekommen. Doch wird dieser Übelstand herabgemindert, wenn man der Porzellanmasse noch Kieselsäure zusetzt. Diese erhält man für unseren Zweck in der notwendigen Reinheit durch Feinmahlen und Schlämmen von Quarz, Feuerstein oder Sand (siehe Seite 207).

Die aus den drei Bestandteilen, denen manche Fabriken noch etwas kalkhaltiges Material hinzufügen, gemischte Porzellanmasse wird dann wie der Töpferthon auf der Drehscheibe geformt, die erhaltenen Gegenstände werden

Digitized by Google

allmählich getrocknet, und sind hierauf ausserordentlich zerbrechlich.

Sie kommen nunmehr zum ersten Male ins Feuer eines Ofens, in dem sie bei starker Rotglut gebrannt werden. Erst bei dieser Temperatur sintern sie etwas zusammen und zeigen hernach eine gewisse Festigkeit.

Als einmal gebrannte Masse findet das Porzellan eigentlich nur eine Verwendung, es dient als Einsatzgefäss für die so bekannten galvanischen Elemente. Da es nicht völlig gesintert ist, ist es soweit porös, dass die in ihm befindliche Flüssigkeit mit der von ihr verschiedenen im äusseren Gefäss vorhandenen in Kontakt treten kann, ohne sich im eigentlichen Sinne mit ihr zu mischen, was zur Erzeugung galvanischer Ströme nach dieser Methode nötig ist.

Das so erhaltene „verglühte" Porzellan muss nun glasiert werden. Im Gegensatz zu allen anderen Thonwaren wendet man hierfür eine „ausserordentlich schwer schmelzende" Glasur an, die dann als ein wahres Glas das fertige Produkt überzieht, wodurch es seine vorzüglichen Eigenschaften erhält.

Man verwendet als Glasur die Porzellanmasse selbst, der man nur reichlicher Flussmittel zusetzt, damit sie wirklich zum Schmelzen kommt. Als solche fügt man Alkali und Kalk zu, und zwar ersteres, indem man einfach die Menge des Kalifeldspats vermehrt. Die feingeschlämmte Glasurmasse rührt man mit Wasser zu einem dünnen Brei an, in den man das verglühte Porzellan taucht, wobei eine genügende Menge von ihr an der Oberfläche des eingetauchten Gefässes hängen bleibt.

Von den Stellen am Boden, mit welchen das so vorbereitete Porzellan die Unterlage, auf welcher es im Ofen steht, berührt, muss die Glasurmasse vor dem Einbrennen der Glasur wieder fortgekratzt werden, weil das Gefäss sonst, sobald sie zum Schmelzen kommt, an dieser Unterlage anschmelzen würde.

Daher sehen wir z. B. an Porzellantellern im Gegensatz zu Glastellern nie einen flachen Boden, sondern stets einen erhabenen Rand um diesen, weil so, statt vom

Digitized by Google

ganzen Boden, nur von ihm die Glasur entfernt zu werden braucht. Solche unglasierten Stellen sind rauh und werden beim Gebrauch dauernd schmutzig, da sie nicht wie der glasierte Gegenstand durch einfaches Abreiben wieder gereinigt werden können, sondern die Verunreinigungen in den Poren sitzen bleiben. Und durch jene unglasierten Stellen am Boden sind selbst die besten dem Porzellan nahestehenden Steingutwaren (siehe oben) leicht von diesem auf den ersten Blick zu unterscheiden, da sie sich beim Steingut niemals finden. Denn beim Steingut erfolgt, wie wir wissen (siehe Seite 219) das Einbrennen der Glasur bei ziemlich niedriger Temperatur, und liegt daher nicht die Gefahr vor, dass Steingutwaren sich im zweiten Feuer nach Art des Porzellans im Ofen verziehen, also ihre regelmässige Form verlieren könnten. Und so findet man also am Boden von Steingutwaren, betrachten wir z. B. einmal einen Steinguteller, im Unterschied zum Porzellan meist nur drei gegen die übrige Glasur etwas eingedrückte Vertiefungen, welche die Stellen sind, an denen der Teller während des Einbrennens der Glasur auf Stützpunkten auflag.

Zum Einschmelzen der Glasur kommt das Porzellan ins zweite Feuer, dessen Hitze im Gegensatz zum Verfahren in der Steingutfabrikation also sehr hoch gesteigert wird.

Beim Steingut hat wie erwähnt das verglühte Rohmaterial nach dem erstmaligen Feuer schon seine Festigkeit, die durch das Einbrennen der Glasur in keiner Weise vermehrt wird. Hier beim Porzellan dagegen verglast der durch das erste Brennen erhaltene schon ziemlich feste Scherben, mit welchem Ausdruck das einmal geglühte Material bezeichnet wird, erst in diesem zweiten stärkeren Feuer völlig. Es wird hier erst jene harte Masse, die mit der Glasur sozusagen in eins verschmolzen, eine so bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen alle äusseren Einflüsse erlangt.

Durch Herausziehen einzelner Probestücke erkennt man den Verlauf des Prozesses. Die allmählich schmelzende

Digitized by Google

Glasur wird immer glatter, und wenn man schliesslich an der durchscheinenden Beschaffenheit des Ganzen merkt, dass der ehemalige Scherben selbst ausreichend verglast ist, so lässt man den Ofen samt seinem Inhalt langsam erkalten.

Man kann natürlich auch unglasiertes Porzellan dem gleichen scharfen Feuer, in welchem man sonst die Glasur auf ihm einbrennt, aussetzen. Dabei sintert es dann so weit zusammen, dass es seine Porosität verliert, seine Oberfläche behält aber etwas Rauhes und sieht matt aus. Es führt den Namen Biskuitporzellan. Aus ihm macht man Büsten, Statuen und ähnliches, bei denen der Glanz der Glasur störend wirken würde.

Was das Bemalen des Porzellans anbetrifft, so kann es in zweifacher Art erfolgen. Man malt unter und auf der Glasur.

Zum Malen unter der Glasur, also zum Bemalen des verglühten Porzellans, können nur jene wenigen Metalloxyde dienen, die die grosse Hitze des zweiten Feuers, des sogenannten Scharffeuers, ertragen, so Kobaltoxyd für Blau, Chromoxyd für Grün, Uranoxyd (Uran ist ein seltenes Element) für Schwarz.

Der Vorteil dieser Malerei ist der ihrer Unzerstörbarkeit, die, da sie durch die Glasur geschützt ist, nur bei der Zertrümmerung des Porzellangefässes selbst eintreten kann. Während man beim Malen unter der Glasur mit den Farben verhältnismässig beschränkt ist, versteht man es auf der Glasur jetzt alle gewünschten Nüancen zu erzeugen, und auf grossen Platten z. B. jedes Ölgemälde zu kopieren, eine Kunst, die in Sèvres namentlich gepflegt wird.

Die betreffenden Farben, auch hier natürlich Metalloxyde, werden mit einem leicht zu einem farblosen Glase schmelzenden Material gemischt, bei dessen Herstellung also Bleioxyd, wie wir uns jetzt schon denken können, eine grosse Rolle spielt, und nach dem Anreiben mit Öl aufgemalt. Erhitzt man das so vorbereitete Gefäss sodann

Digitized by Google

in einem Muffelofen[1]) so weit, dass die gefärbten Glasflüsse ins Schmelzen kommen, so schmilzt die Malerei auf dem Gefässe fest.

In ganz gleicher Weise hat man in älterer Zeit das so viel benutzte Vergolden also Auftragen goldener Verzierungen auf das Porzellan bewirkt. Das mit einem Flussmittel eingebrannte Gold kam aber matt aus dem Ofen, und musste hernach, um seinen Glanz zu zeigen, poliert werden. Da wurde im Jahre 1830 eine Vergoldungsflüssigkeit, für die das Gold zuerst in Königswasser (siehe später beim Golde) gelöst wird, erfunden, die mit passenden Zusätzen auf das Porzellan aufgetragen und hernach eingebrannt, sofort eine glänzende Vergoldung liefert.

Wenn wir uns jetzt zur Photographie wenden, so ist es, in Rücksicht auf die komplizierten chemischen Prozesse, auf denen sie beruht, nicht leicht ohne Voraussetzung einiger Vorkenntnisse, die bei ihrer Ausführung sich abspielenden Erscheinungen zu erklären.

Am besten wird uns die Klarlegung der Vorgänge in ihr, wie das unter solchen Verhältnissen immer der Fall ist, gelingen, wenn wir die historische Entwickelung zur Grundlage unserer Betrachtung machen. Wir sehen dann ihre allmähliche Vervollkommnung an uns vorüberziehen und haben Gelegenheit in Kürze die wichtigsten jener aufeinanderfolgenden Denkprozesse, die sie auf ihre Höhe gebracht haben, selbst zu durchdenken.

Silber löst sich leicht in Salpetersäure zu einer wasserhellen Flüssigkeit. Dampft man diese Lösung ab, so erhält man als Rückstand ein weisses Salz, das salpetersaure Silber. Es heisst im gewöhnlichen Leben Höllenstein.

---

1) Eine Muffel ist ein aus feuerfestem Thon hergestellter Kasten, der durch um ihn geführtes Feuer erhitzt wird, so dass die in ihm stehenden Gegenstände weder mit Russ noch mit den Flammengasen in Berührung kommen.

Digitized by Google

Was man auch mit ihm bestreicht, wird, namentlich bei Tageslicht, sehr bald schwarz, so die menschliche Haut, auf die es von den Ärzten als Ätzmittel öfters gebracht wird. Und von der gleichen Farbe erscheinen nach kurzer Zeit Buchstaben, die man mit seiner Lösung schreibt. Sie sind hernach kaum mehr zu entfernen, z. B. auch nicht aus Wäsche, so repräsentiert denn diese Lösung eine unauslöschliche Tinte.

Der Grund für die angeführten Erscheinungen ist der, dass das salpetersaure Silber sehr dazu neigt in seine Bestandteile zu zerfallen, wobei sich das Silber als höchst fein verteiltes schwarzes Pulver ausscheidet. Schon das Tageslicht vermag also, wie aus den angeführten Beispielen der täglichen Erfahrung folgt, diese Spaltung herbeizuführen. Diese Eigenschaft des salpetersauren Silbers ist, wie der uralte Name Höllenstein andeutet, sehr lange bekannt. „Auf einer derartigen Zersetzung von Silbersalzen beruht nun die ganze Photographie.“ Der Höllenstein selbst kann aber zur Gewinnung von Bildern nicht dienen, weil sein Zerfall ein für diesen Zweck viel zu langsamer ist.

Die Herstellung von Bildern gelingt erst mit Silbersalzen, die sehr viel schneller als das salpetersaure Salz durch das Licht verändert werden. Und zwar hat man in der Photographie hauptsächlich drei von ihnen verwendet, das Chlorsilber, Bromsilber und Jodsilber. Alle drei sind leicht darstellbar. Da sie im Wasser völlig unlöslich sind, scheiden sie sich sofort aus, wenn man zu einer Höllensteinlösung eine Lösung von Chlornatrium (Kochsalz), oder von Bromkalium resp. von Jodkalium setzt. Es bilden sich bei Verwendung von Kochsalz z. B. Chlorsilber und salpetersaures Natron.

Salpetersaures Silber + Chlornatrium = Chlorsilber + salpetersaures Natron.

Das salpetersaure Natron ist ein uns bekanntes Salz (siehe Seite 49), welches im Wasser leicht löslich ist also in der Flüssigkeit gelöst bleibt, so dass, wenn man den

Digitized by Google

Chlorsilberniederschlag mit Wasser wäscht, man ihn vollkommen frei von ihm erhält.

Das Chlorsilber ist sehr lange bekannt. Bromsilber und Jodsilber erst seit dem ersten Viertel des Jahrhunderts, zu welcher Zeit Brom und Jod aufgefunden wurden. Welche Gegenden der Erde die hauptsächlichsten Lieferanten für diese Elemente sind, haben wir bereits (siehe Seite 45 und 50) besprochen.

Mit dem Chlorsilber haben schon die Alchymisten sehr viel gearbeitet. Es ist recht empfindlich gegen das Licht, denn sobald es diesem ausgesetzt wird, färbt sich sein anfangs reines Weiss violett, und schliesslich wird es ganz schwarz. Zur Erzeugung von Bildern hat es zuerst der Hallenser Arzt Schultze 1727 benutzt.

Er legte Papierbuchstaben auf einen frischen Niederschlag von Chlorsilber. Nur die unbedeckten Stellen, welche dem Lichte ausgesetzt blieben, wurden dunkler, und nahm er das Papier fort, so erschienen die Buchstaben von weisser Farbe auf dunklem Grunde, um kurze Zeit nachher natürlich, durch den Einfluss des Lichtes, dem nun auch der bisher von den Buchstaben bedeckte Teil des Chlorsilbers ausgesetzt wurde, ebenfalls schwarz zu werden. Kurzum in dieser Art der Ausführung war das Ganze eine interessante aber praktisch nicht verwertbare Beobachtung.

Erst 112 Jahre später, nämlich 1839, hat dann Talbot wirklich Bilder mit Hilfe von Chlorsilber zu stande gebracht. Sein Verfahren war folgendes. Er tauchte Papier in eine Lösung von Kochsalz und bestrich es sodann mit einer solchen von salpetersaurem Silber. Jetzt enthielt das Papier durch das Zusammentreffen dieser beiden Lösungen Chlorsilber und war lichtempfindlich. Auf den so vorbereiteten Bogen legte er hierauf durchsichtige resp. durchscheinende Zeichnungen. Unter dem Einfluss des Sonnenlichtes, dem er das Ganze aussetzte, schwärzte sich sodann sein Chlorsilber an denjenigen Stellen am stärksten, an denen das meiste Licht die obere Zeichnung durchdringen konnte.

Digitized by Google

Hätte er jetzt diese ohne weiteres entfernt, so wäre sehr bald sein unteres Papier durch den fortdauernden Einfluss des Lichtes, wie einst bei Schultze, gänzlich schwarz geworden. Und sein grosses Verdienst besteht nun darin, dass er solche Bilder festzuhalten, zu fixieren lehrte.

Zum Zwecke der Fixierung verfuhr er so, dass er sein lichtempfindliches Papier, auf dem die Sonne die hinaufgelegte Zeichnung abgebildet hatte, in einer Dunkelkammer, um jede weitere Lichteinwirkung auszuschliessen, in siedendes Kochsalzwasser legte. Siedende Kochsalzlösung löst nämlich Chlorsilber auf. Also das unverändert gebliebene Chlorsilber wurde so entfernt, und nun blieb die Zeichnung bestehen, da die Kochsalzlösung das durch das Licht in chemischer Beziehung veränderte geschwärzte Chlorsilber nicht zu lösen im Stande ist.

Natürlich ist, wie die Überlegung lehrt, das erhaltene Bild das „negative Schattenbild" der ursprünglichen Zeichnung. Die dunklen Stellen der Zeichnung hatten ja am wenigsten Licht durchgelassen. An diesen blieb also das Chlorsilber fast unverändert, und war durch die heisse Kochsalzlösung bei der Fixierung entfernt worden. So erschienen denn die dunklen Stellen der Originalzeichnung in der Kopie weiss oder fast weiss, während die hellen dunkel ausfielen. Aber legte Talbot dies Negativ wiederum auf durch Chlorsilber lichtempfindlich gemachtes Papier, so bekam er die genaue Kopie des Originals, indem er jetzt wieder ein Schattenbild des Schattenbildes der ursprünglichen Zeichnung und damit eine Kopie von der Grösse des Originals erhielt.

War Talbots Verfahren noch nichts anderes als ein „photographisches Abklatschen vorhandener Bilder in nicht verkleinertem Massstabe", so brachte nun Daguerre ebenfalls Ende der dreissiger Jahre durch die Photographie selbst die ersten Bilder fertig, ist Daguerre der eigentliche Erfinder dessen, was wir heute Photographie nennen.

Er verwendete die Camera obscura zur Gewinnung von Abbildungen an sich, jenen Apparat, der mit Hilfe

Digitized by Google

von Linsen Bilder vor ihm befindlicher Gegenstände an einer bestimmten Stelle, an welche die Photographen zwecks seiner Einstellung eine Milchglasplatte bringen, zu erzeugen ermöglicht. Die Camera obscura gestattet zugleich „die beliebige bildliche Verkleinerung der vor der Linse befindlichen Gegenstände", was beides zusammen natürlich gegenüber dem Talbotschen Abklatschverfahren einen ausserordentlichen Fortschritt bedeutet.

Daguerre brachte nun an die Stelle der Milchglasplatte, mit Hilfe deren also der Apparat auf den zu photographierenden Gegenstand scharf eingestellt wird, eine Silberplatte, auf der er durch Joddämpfe etwas Jodsilber erzeugt hatte. Nach stundenlangem Einwirken des Lichtes sah er ein auf der Platte entstandenes Bild der vor der Camera befindlichen Gegenstände, dessen Festhalten ihm aber die grössten Schwierigkeiten bereitete, welche erst ein Zufall überwinden half.

Brachte er nämlich die nicht stundenlang sondern nur ganz kurze Zeit belichtete jodierte Silberplatte in Quecksilberdampf, so schlugen sich an den zumeist belichteten Stellen auch die meisten Quecksilberdämpfe nieder, und erschien das photographisch erzeugte Bild, das auf den Quecksilberdampf sozusagen orientierend wirkte, in glänzendem Quecksilber ausgeführt. Quecksilberdampf „entwickelte" also das dem menschlichen Auge noch unsichtbare Bild. Daher stammt das für uns jetzt sehr merkwürdige Aussehen jener alten Daguerreotypien, die sich noch in manchen Familien finden. Hiermit war auch die „photographische Abbildung Lebender" ermöglicht, die von dem Tage ab nur kurze Zeit stille zu sitzen brauchten, um abkonterfeit zu sein, und heute ja sogar in voller Bewegung photographiert werden können.

Das für alle Zeiten Wichtigste an Daguerres Beobachtung ist folgendes. Wenn auch das menschliche Auge an lichtempfindlichen nur sehr kurze Zeit in der Camera obscura belichteten Platten absolut noch nichts wahrnehmen kann, so hat die chemische Wirkung der Lichtstrahlen doch bereits einen Zerfall der Silberverbindung eingeleitet, und nun ist es nicht nötig, diesen Zerfall sich vollständig durch

Digitized by Google

fortgesetzte Belichtung vollziehen zu lassen, damit er dem menschlichen Auge sichtbar werde. Jetzt ist es vielmehr möglich diesen Zerfall-Prozess mit Hilfe geeigneter Chemikalien, von denen wir bisher nur den Quecksilberdampf kennen gelernt haben, ohne weitere Lichteinwirkung zur Entwickelung von negativen Bildern zu benutzen.

Bald nach dem Bekanntwerden des Daguerreschen Verfahrens begann die Suche nach Ersatz für die teuren Silberplatten, und Talbot benutzte an ihrer Stelle sein lichtempfindliches Papier mit Erfolg in der Camera obscura. Als Silberverbindung wandte er im Anschluss an Daguerre statt Chlorsilber jetzt Jodsilber an, indem er sein in Silberlösung getauchtes Papier durch Jodkaliumlösung zog.

Zum Entfernen des auf der belichteten Platte unverändert gebliebenen Jodsilbers benutzte er an Stelle der ehemals verwendeten siedenden Kochsalzlösung nunmehr eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron, die in der Kälte bereits Chlorsilber sowohl wie Bromsilber und Jodsilber mit grösster Leichtigkeit löst, und seitdem allgemein zu diesem Zwecke dient. Aber die Rauheit selbst des besten Papiers machte sich bei den nach Talbots Verfahren hergestellten Bildern unangenehm geltend, und Daguerres auf polierten Silberplatten hergestellte Bilder schienen den Sieg davontragen zu sollen.

Das änderte sich mit dem Tage, an welchem Niépce die Eiweisslösungen in die Photographie einführte. Setzt man zu einer Lösung von Eiweiss Jodkalium, giesst sie auf Glasplatten und taucht diese nach dem Trocknen in Höllensteinlösung, so hat man jetzt eine durch ihren Gehalt an Jodsilber lichtempfindliche Eiweissschicht auf dem Glase, der die Rauhigkeit des Papiers völlig abgeht, und die nunmehr ausgezeichnete Bilder liefert.

Die verkleinerten Bilder, welche die Camera obscura liefert, sind also negativ und werden deshalb, wie es ursprünglich Talbot für Zeichnungen angewandt hatte, auf lichtempfindliches Papier übertragen, um so zum Positiv

Digitized by Google

zum wirklichen Bilde des zu Photographierenden zu gelangen. Auch das Papier, auf das man die Negative übertrug, überzog man von jetzt ab mit einer lichtempfindlichen Eiweissschicht, und erzielte wegen der Glätte und des Glanzes, den hernach das auf solchem Papier befindliche Bild zeigt, ausgezeichnete Resultate.

Die unangenehme Neigung der Eiweisslösungen zur Fäulnis führte dann zu ihrem von Fry empfohlenen Ersatz durch Kollodium. Dieses ist eine Auflösung[1]) von nitrierter Baumwolle also Schiessbaumwolle (siehe Seite 127) in einem Gemisch von Äther und Alkohol.

Die für das Auge unsichtbare Veränderung, die bei kurzer Belichtung der Platte hervorgerufen wird, die einst Daguerre mit Quecksilber zu einem Bilde entwickelt hatte, muss und kann, wie wir schon besprachen, natürlich auch bei den nachher an Stelle der Silberplatten verwendeten gläsernen mit lichtempfindlichen Eiweiss- oder Kollodiumschichten überzogenen Ersatzplatten, ebenfalls sichtbar gemacht werden. Die hierzu dienenden Mittel fasst man unter dem Namen „Entwickler" zusammen. Zuerst benutzte man als solche schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol im gewöhnlichen Leben genannt) und Pyrogallussäure. Später hat man die verschiedensten anderen Chemikalien versucht, von denen sich das Hydrochinon besonders bewährt und jetzt am meisten verwendet wird.

Im Kollodiumverfahren, zu dem wir jetzt speziell übergehen, wurde mit Brom- und Jodkalium versetztes Kollodium in eine Lösung von salpetersaurem Silber getaucht, und sodann die nasse Glasplatte, die also ein Gemisch von Brom- und Jodsilber enthielt, mit dem noch anhängenden Überschuss des salpetersauren Silbers in der Camera zur Gewinnung des Bildes exponiert. Tauchte man in der Dunkelkammer sie sodann in Eisenvitriol- oder Pyrogallussäurelösung, so reduzierte eines dieser Mittel das überschüssige

---

1) Der Name stammt daher, dass Maynard diese Lösung zuerst als Klebmittel empfahl, und ihr aus diesem Grunde den Namen Kollodium (vom französischen colle der Leim her) beilegte.

Digitized by Google

salpetersaure Silber zu Silber, während sie auf Jod- und Bromsilber nicht einwirken. Das aus ersterem pulvrig abgeschiedene Silber schlägt sich hierauf, wie einst die Quecksilberdämpfe im Daguerreschen Verfahren, an den belichteten Stellen im Verhältnis zur Stärke ihrer Belichtung in der Camera obscura, also durch diese orientiert, nieder, so dass auf diese Art das negative Bild sichtbar ward. Die Fixation dieses Negativs, also die Fortnahme des überschüssigen unveränderten Brom- und Jodsilbers, erfolgt durch Eintauchen in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron, die das überschüssige Brom- und Jodsilber auflöst. In Rücksicht auf die Pyrogallussäure kann man das Verfahren als ein im chemischen Sinne saures bezeichnen.

Versuche auf diesem Wege Trockenplatten, die man als Dauerplatten aufbewahren konnte, herzustellen, hatten keinen Erfolg, es blieb nötig frisch in eine Lösung von salpetersaurem Silber getauchte Platten zu verwenden.

Russell machte dann in den sechziger Jahren die merkwürdige Beobachtung, dass der Lichteindruck auf die in der Camera obscura erhaltene Platte auch ohne den dem Überschuss an salpetersaurem Silber entstammenden Silberniederschlag als Bild sichtbar gemacht werden kann. Wäscht man nämlich aus den nassen Platten den Überschuss an salpetersaurem Silber mit viel Wasser völlig aus, erzeugt auf ihnen in diesem Zustande ein Bild in der Camera obscura, und taucht sie hernach in „alkalische" Pyrogallussäure (d. h. fügt man Alkali der ehemals verwendeten Lösung von dieser zu), so zersetzt diese alkalische Lösung jetzt das belichtete Brom- und Jodsilber, was sie, wie wir soeben besprachen, ohne Alkali nicht vermochte, direkt nach der Massgabe der Belichtung. So kommt ein Bild ohne überschüssiges Silber zu stande, welches hernach durch unterschwefligsaures Natron fixiert wird, das das unverändert gebliebene Bromsilber aus der Platte fortnimmt. Damit war man der Herstellung von Trockenplatten bedeutend näher gekommen, indem die bisher auf der Platte notwendige überschüssige Lösung von salpetersaurem Silber unnötig wurde.

Digitized by Google

Da die alkalische Pyrogallussäurelösung, wie sich bald herausstellte, weit besser auf Brom- als auf Jodsilber wirkt, kam damit das Bromsilber zu seiner jetzigen Bedeutung in der Photographie.

1871 empfahl Maddox an Stelle des Kollodiums Gelatine zu verwenden, mit deren Hilfe nun bis auf den heutigen Tag die langerstrebten Trockenplatten hergestellt werden. Der eigentliche Erfinder dieser ist aber Bennett im Jahre 1878 gewesen. Er zeigte, dass eine fertig hergestellte sogenannte Bromsilbergelatineemulsion durch „nachheriges Erwärmen" — das ist das ausschlaggebende — erst jenen hohen Grad von Empfindlichkeit, den man heute an ihr rühmt, bekommt. Und so ist denn die Herstellung der jetzigen Trockenplatten, welche die Verwendung der Gelatine und diese Beobachtung ermöglichen, etwa folgende:

Man löst in einer Dunkelkammer Bromammonium (an Stelle des früher verwendeten Bromkaliums) in Wasser, dem man Gelatine und sodann Höllensteinlösung zufügt, auf, wobei die Temperatur anfangs 75° beträgt, hernach aber bis zum Sieden gesteigert wird. Hierbei bildet sich in der Emulsion das Bromsilber. Aus der auf diesem Wege erhaltenen Bromsilbergelatineemulsion, welche nach dem Erkalten erstarrt, wäscht man mittelst Wasser sodann alles Lösliche heraus, trocknet sie und bringt sie durch Anwärmen wieder zum Schmelzen. In diesem Zustande giesst man sie auf Glasplatten, die ihrerseits in Trockenschränken rasch völlig getrocknet werden, und nunmehr Handelsware sind. Sie werden in der Dunkelkammer so verpackt, dass vor der endgültigen Benutzung jede Lichtwirkung auf sie ausgeschlossen ist. Solche Trockenplatten sind etwa zehnmal so empfindlich als die ehemaligen nassen Kollodiumplatten.

Mit Herstellung dieser Trockenplatten beginnt der grosse Aufschwung der Liebhaberphotographie. Die Anfertigung der lichtempfindlichen Platte, ehemals natürlich das Schwierigste in der Photographie, ist damit Aufgabe geübter Fabrikanten geworden und dem photographierenden Laien entzogen.

Die Trockenplatte liefert in einer, mit einer guten

Digitized by Google

und deshalb teuren Linse versehenen Camera obscura, mit Leichtigkeit vorzügliche Abbildungen, und ihre Empfindlichkeit ist bekanntlich so gross, dass ein Moment die nötige Belichtungszeit darstellt. Die dadurch herbeigeführte beginnende Zersetzung des Bromsilbers an den vom Lichte getroffenen Stellen, die das menschliche Auge, wie die Besichtigung in der Dunkelkammer zeigt, noch nicht wahrzunehmen vermag, führt, um es kurz zu rekapitulieren, also der Entwickler dann bis zur gewünschten Stärke fort. Sobald dieser Punkt erreicht, und damit das Bild entwickelt ist, wovon man sich durch Besichtigung der Platte beim roten Lichte (siehe weiterhin) der Dunkelkammer überzeugt, entfernt man durch Eintauchen in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron das unangegriffen gebliebene Bromsilber, womit das Negativ fertig ist. Erfolgt die Übertragung des Negativs sodann auf lichtempfindliches Silberpapier, so bekommen wir die speziell als Photographien bezeichneten Abbildungen.

Natürlich hat man, nachdem man die Empfindlichkeit der Silbersalze gegen das Licht kennen gelernt hatte, auch Salze anderer Metalle und sonstige Substanzen oder Gemische von diesen auf ihr Verhalten gegen das Licht geprüft, und gefunden, dass z. B. auch bestimmte Platinsalze lichtempfindlich sind.

Das Bild in der Camera obscura, also das Negativ, wird stets mit Bromsilbergelatine hergestellt, kopiert man es hernach aber statt auf Silberpapier auf Platinpapier, so erhält man als Positiv jene so schön sammetschwarzen Platinotypien, deren Aussehen an Kupferstiche erinnert.

Die ganze Photographie beruht also auf der chemischen Einwirkung des Lichtes auf durch das Licht zersetzliche Salze, speziell heutzutage auf Bromsilber. Nun wissen wir von der Physik her, dass das weisse Licht aus einem Gemisch verschiedener Farben, den sogenannten Regenbogenfarben, besteht. Zerlegt man es mittelst eines Prismas in diese seine Farben und versucht das so erhaltene

Digitized by Google

Spektrum auf die gewöhnliche Art zu photographieren, so sieht man, dass an einem Ende desselben, nämlich beim Rot, keine Wirkung auf die photographische Platte eintritt, während sie am anderen Ende, also beim Violet, und Ultraviolet am stärksten ist. Ultraviolet nennt man das auf das Violet folgende Stück, welches dem menschlichen Auge unsichtbar ist, und ihm daher schwarz erscheint, welches aber noch auf die photographische Platte wirkt. Dieses Verhalten der Spektralfarben gegenüber den lichtempfindlichen Platten erklärt uns, weshalb man die Entwickelung der der Camera entnommenen Platten in der Dunkelkammer bei rotem Licht ausführen kann, ohne dass die gegen weisses Licht so empfindliche Platte hierdurch beeinflusst wird.

So erklärt es sich auch, dass rote, gelbe, selbst grüne Farben sehr wenig auf die Platte wirken, was z. B. bei der Reproduktion von Ölgemälden höchst störend ist, sich aber auch bei Porträtaufnahmen geltend macht.

Dies zwang dazu Bilder von farbigen Objekten, namentlich Porträts hinsichtlich der Gesichtsfaben, nachträglich etwas zu korrigieren, was man als Retouche bezeichnet.

Vogel fand dann, dass man diesen Übelstand vermeiden kann, wenn man die Bromsilbergelatineplatten selbst ein wenig mit gewissen Farbstoffen färbt. Sie werden dadurch auch für solche Farben, die ohne diesen Zusatz nicht auf sie einwirken, empfindlich, indem Licht von den ihnen zugesetzten Farben jetzt ebenfalls auf ihr Bromsilber einwirkt. Seitdem erst ist es möglich speziell Ölgemälde in jenen schönen photographischen Reproduktionen wiederzugeben, die wir jetzt zu sehen gewöhnt sind, während ältere oder mit gewöhnlichen Trockenplatten hergestellte Photographien ganze Teile von ihnen nur in verschwommenen Umrissen zeigen.

So kann denn das Bestreben, farbige Gegenstände photographisch in schwarz in richtiger Weise zu reproduzieren, als auf dem Wege der farbenempfindlichen Platten der Hauptsache nach gelöst bezeichnet werden. Eine ganz

Digitized by Google

andere Aufgabe, die aber vielfach mit ersterem verwechselt wird, ist es jedoch, Photographien statt in schwarz sogleich in bunten Farben herzustellen.

Trotz aller darauf verwandten Mühe ist die Lösung dieser Aufgabe bisher nicht geglückt, wenigsten in keiner Weise für die photographische Wiedergabe von Personen, deren Bilder man jetzt nachträglich allerdings mit der Hand sehr schön koloriert.

Dagegen sind mit der direkten bunten Wiedergabe des Sonnenspektrums schon Erfolge erzielt. Um dieses auf der Bromsilbergelatineemulsionsplatte sogleich in seinen natürlichen Farben wiederzugeben, wird in der Camera obscura hinter die Platte Quecksilber gegossen, und wird sie mit der lichtempfindlichen Seite gegen das Quecksilber gestellt. Die Lichtstrahlen des zu photographierenden Spektrums erzeugen sodann, infolge der spiegelnden Wirkung des Quecksilbers, in dem Glase der Platte sogenannte Interferenzerscheinungen, und diese sind die Ursache, dass, nachdem die Platte in üblicher Weise entwickelt ist, sich das Spektrum auf ihr in seinen natürlichen bunten Farben zeigt. Die Gründe für diesen merkwürdigen Erfolg der Photographie sind theoretisch aufs vorzüglichste klargelegt worden. Der Ausführung in der Praxis stellen sich aber noch so grosse Schwierigkeiten entgegen, dass die Herstellung solcher wahren Buntphotographien erst in ganz kleiner Zahl geglückt ist.

Ausserdem lassen sich bunte Objekte mit Hilfe des sogenannten Pigmentdruckes, welcher, wie schon der Name andeutet, kein rein photographisches Verfahren ist, jetzt bereits vorzüglich farbig reproduzieren.

Die Grundlage des Verfahrens ist folgende: Ausser den bisher als lichtempfindlich erwähnten Salzen giebt es, wie oben angedeutet ist, noch manche lichtempfindlichen Mischungen. Setzt man z. B. zu einer Lösung von Gelatine eine Lösung von doppeltchromsaurem Kali, bestreicht mit ihr irgend einen Gegenstand, und lässt die Sonne hinaufscheinen, so wird die doch sonst im Wasser lösliche Gelatine sehr rasch völlig unlöslich.

Grund hierfür ist, dass das doppeltchromsaure Kali vom

Digitized by Google

Licht so beeinflusst wird, dass es teilweise in ein Chromoxyd übergeht, welches auf die Gelatine gerbend wirkt, was dann ihre Unlöslichkeit veranlasst. Wir haben die Versuche, geradezu Chromleder herzustellen, ja seiner Zeit kennen gelernt (siehe Seite 143).

Legt man nun auf ein im Dunkeln mit Chromgelatine bestrichenes Papier das auf die gewöhnliche Art photographisch erzeugte Negativ eines Bildes, so werden die Stellen, durch die das Licht dringt, unlöslich werden, und wäscht man die unangegriffen gebliebene Chromgelatine nachher in der Dunkelkammer mit Wasser ab, so hat man ein Bild, dass nun nicht, wie beim Silber- oder Platinpapier, schwarz erscheint, sondern, da es nur die Farbe der Gelatine zeigt, wenig sichtbar ist.

Es liegt aber gar kein Grund vor, die Gelatine nicht vor Ausführung des Verfahrens mit einem geeigneten Pigment zu färben. Gelbe Gelatine liefert dann ein gelbes, rote ein rotes und blaue ein blaues Bild, und befestigt man jetzt die drei so hergestellten durchsichtigen Abbildungen — die, da sie von demselben, mit einer farbenempfindlichen Platte hergestellten Negativ stammen, genau aufeinander passen müssen — übereinander, so ist der Erfolg ein geradezu überraschender.

Nach der Theorie der Mischfarben, wie sie die Physiker entwickelt haben, lassen sich hierbei glänzende Resultate, hinsichtlich der treuen Wiedergabe der Farben des ursprünglichen Objektes, voraussehen und werden in Wirklichkeit erzielt. So einfach auch das Verfahren nach diesen Angaben erscheinen mag, so gross sind die Schwierigkeiten, die sich seiner erfolgreichen praktischen Ausführung entgegenstellen. Vielfach wird auch so gearbeitet, dass man drei photographische Negative aufnimmt, indem man vor die Linse der Camera obscura abwechselnd ein rotes, ein blaues und ein gelbes Glas bringt. Die drei Negative werden dann in Positive übergeführt, und diese Positive werden mit denselben Farben, welche die photographische Platte farbenempfindlich machten (siehe Seite 235) gefärbt, und alle drei übereinandergedruckt.

Ausser diesem Reproduktionsverfahren sind noch eine

Digitized by Google

ganze Anzahl anderer teils versucht, teils wirklich in Benutzung, auf die wir aber nicht mehr eingehen wollen. Bei ihnen allen bildet, wie beim Pigmentdruck, ein in der Camera obscura hergestelltes Negativ, also eine auf photographischem Wege gewonnene Abbildung des Gegenstandes, die Grundlage, und insofern sind alle diese Reproduktionen echte Kinder der Photographie.

Wir können unsere Betrachtung über die photographische Reproduktion von Gegenständen unmöglich schliessen, ohne des neuesten Fortschritts auf diesem Gebiete, welchen die Röntgen-Strahlen ermöglichen, zu gedenken, wenn auch die Entdeckung selbst ins Gebiet der Physik fällt. Haben wir doch auch gleich im ersten Vortrage, um uns über die Luft klar zu werden, das Gebiet der Physik gestreift.

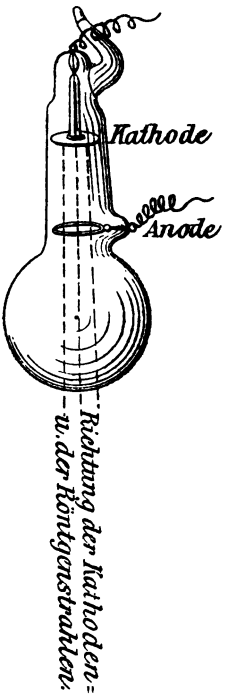
Wir wissen alle, dass der elektrische Funke, wenn er als Blitz oder künstlich erzeugt von einem Orte zum anderen überspringt, nicht einen geraden sondern einen Zickzackweg zurücklegt. Grund hierfür ist der sich ihm entgegenstellende Widerstand der Luft. Lässt man aber den Funken innerhalb einer Glasröhre, aus der die Luft bis auf etwa ein Tausendstel Atmosphäre ausgepumpt ist, überschlagen, nachdem man an ihre beiden Enden Drähte, damit sie als Pole einer elektrischen Leitung dienen können, eingeschmolzen hat, so leuchtet die Röhre, in der jetzt der Luftwiderstand nur in sehr geringem Masse in Frage kommt, ihrer ganzen Länge nach, wenn die Funken in ihr überspringen. Mit solchen Röhren lassen sich unter Verwendung verschiedener stark verdünnter Gasarten, wie Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, die jedes verschiedenfarbiges Licht ausstrahlen, wenn Elektrizität die Röhre durchströmt, wunderschöne Farbenzusammenstellungen erzielen. Sie heissen nach dem berühmten Glasbläser Geissler, der sie zuerst in vollendeter Schönheit anfertigte, Geisslersche Röhren.

Pumpt man nun die Luft so vollständig als es überhaupt möglich ist, aus solchen Röhren aus, so dass der Luftdruck in ihnen weniger als eine Millionstel Atmosphäre beträgt, geht man also hinsichtlich der Verdünnung der

Digitized by Google

Luft ausserordentlich viel weiter, als es bei den Geisslerschen Röhren der Fall ist, so treten, wenn sie die Elektrizität durchströmt, wiederum andere Erscheinungen auf. Alsdann leuchtet nicht die ganze Röhre, sondern von dem einen Pol, welcher Kathode heisst, gehen büschelförmige Strahlen aus, während an der Anode kaum Farbenerscheinungen bemerkbar sind.

Verwendet man an Stelle eines graden Rohres ein in der Zeichnung wiedergegebenes Gefäss, so gehen die Kathodenstrahlen nicht, wie in den noch ein wenig Gas enthaltenden Geisslerschen Röhren, nach der Anode, sondern senkrecht zu ihrer Eintrittsstelle weiter und erzeugen, da wo sie an der gegenüberliegenden Glaswand anprallen, einen hellen Fleck, der, wenn man dem Rohr einen Magneten nähert, seinen Platz ändert. Folglich werden die sichtbaren Kathodenstrahlen im Gegensatz zum gewöhnlichen Licht durch den Magneten beeinflusst.



Figur 16.

Röntgen unternahm nun eine Untersuchung der Kathodenstrahlen ausserhalb der Röhre[1]), in welcher man sie erzeugt und führte diese Versuche in einer Dunkelkammer aus. Er bemerkte hierbei, dass, wenn er die Röhre in einen Kasten aus schwarzer Pappe brachte, also vollständig verdeckte, und in der verlängerten Richtung der Kathodenstrahlen ein Papier hielt, das mit einer Lösung

1) Anmerkung: Röntgen benutzte anfangs Röhren der abgebildeten Form, die inzwischen viele Abänderungen erfahren haben, in denen aber hinsichtlich des Prinzips nichts mehr geändert worden ist, so dass wir diese älteste und übersichtlichste Form hier beibehalten wollen.

Digitized by Google

von Bariumplatincyanür bestrichen war, dieses Papier mit gelber Farbe zu fluorescieren begann, also in der lichtlosen Dunkelkammer sichtbar wurde, eine Erscheinung, die bis dahin keines Sterblichen Auge geschaut, keines Sterblichen Geist geahnt und für möglich erachtet hatte. Hier zeigte sich somit eine neue höchst merkwürdige Wirkung von von den sichtbaren aber jetzt durch die schwarze Pappe verdeckten Kathodenstrahlen verschiedenen Strahlen, Strahlen, die das menschliche Auge nicht direkt, sondern nur in Form der von ihnen bewirkten Fluorescenzerscheinungen, zu sehen vermag, und die durch die Pappe hindurchwirken.

Unter Fluorescenz versteht man die Eigenschaft mancher Körper, zu denen also das Bariumplatincyanür gehört, ultraviolette Strahlen (wir erwähnten diese oben) in sichtbare Lichtstrahlen zu verwandeln. So beruht der täglich uns auffallende grünliche Schimmer, den die meisten Petroleumsorten zeigen, auf Fluorescenz, und wie die im gewöhnlichen Lichte enthaltenen lange bekannten ultravioletten rufen also auch die neuentdeckten Röntgenschen Strahlen diese Erscheinung hervor.

Das mit allem bisherigen Wissen unvereinbare Fluorescieren des Bariumplatincyanürs in der lichtlosen Dunkelkammer konnte seinen Grund nur in der völlig verdeckten Röhre, in der die Kathodenstrahlen erzeugt wurden, haben. Es muss einer Art von Strahlen, die mit den Kathodenstrahlen gleichzeitig entstehen aber von ihnen verschieden sind, seine Entstehung verdanken, die unser Auge nicht wahrzunehmen vermag, und die andrerseits schwarze Pappe durchdringen. Auch ein in der verlängerten Richtung der Kathodenstrahlen gehaltenes Buch oder Holzbrett hinderte nicht das Leuchten des hinter diese Hindernisse gehaltenen mit Bariumplatincyanür bestrichenen Papiers, wonach die neuen Strahlen auch durch die genannten Körper hindurchgehen.

Brachte Röntgen jetzt an die Stelle des fluorescierenden Papiers eine lichtempfindliche photographische Trockenplatte, so bemerkte er, dass diese in der für das menschliche Auge völlig lichtlosen Dunkelkammer von den für

Digitized by Google

das Auge unsichtbaren Strahlen grade so, wie vom gewöhnlichen sichtbaren Licht beeinflusst wird, und brachte er zwischen sie und die die Strahlen liefernde Röhre sehr viel festere Körper als es Papier und Holz sind, so zeigte sich deren Schattenbild auf der photographischen Platte, wenn diese hernach in gewöhnlicher Weise entwickelt wurde.

Da die Strahlen z. B. durch Fleischteile hindurchgehen aber Knochen nicht durchdringen, liefert eine mit den Strahlen beleuchtete Hand — wenn man den Ausdruck leuchtend für die unsichtbaren Strahlen verwenden darf — als Bild ihr Knochenskelett. Während die Einwirkung des gewöhnlichen Lichtes die Herstellung von Momentaufnahmen, wie wir ausführlich besprochen haben, ermöglicht, dauert hier die Exposition allerdings mehrere Minuten. Aber man kann mit diesen Strahlen ohne weiteres bei Tageslicht photographieren, indem man z. B. seine Hand auf ein Kästchen legt, in welchem sich eine auf die Art vor dem Tageslichte völlig geschützte Trockenplatte befindet, und nunmehr die Röntgen-Strahlen auf die Hand fallen lässt. Sie wirken dann durch das Holz des Kästchens, welches das Tageslicht nicht durchdringt, auf die Platte, indem sie durch das Holz hindurchgehen.

Da diese Strahlen nicht durch Linsen brechbar sind, sind alle mit ihrer Hilfe hergestellten Bilder nur sehr genaue Schattenbilder, die die Grösse des Abzubildenden haben, im Gegensatz zu eigentlichen Photographien, die das Bild ganzer Landschaften, weil eben das gewöhnliche Licht durch Linsen brechbar ist, auf wenige Quadratcentimeter zu übertragen gestatten.

Die dem menschlichen Auge unsichtbaren Röntgen-Strahlen wirken also auf lichtempfindliche Silbersalze nach Art des gewöhnlichen Lichtes, nur viel langsamer als dieses ein, sind aber, um es kurz zusammenzufassen, keine ultravioletten oder ultraroten Strahlen, weil sie nicht wie das gewöhnliche Licht durch Linsen oder Prismen gebrochen werden, sie sind kein Licht im bisherigen Sinne des Wortes, weil wir sie nicht sehen, sie sind

Digitized by Google

keine Kathodenstrahlen, weil wir diese in der Röhre leuchten sehen, auch werden sie nicht durch den Magneten beeinflusst, und sind daher auch keine elektrischen Ströme. Sie sind ganz etwas Neues, und von welchem Wert sich dieses Neue in späterer Zeit, sei es für die Wissenschaft sei es für das Leben, erweisen wird, kann nur diese lehren.

Digitized by Google

XI. Vortrag.

Edle und unedle Metalle. Erz. Gold. Platin. Königswasser. Scheidewasser. Silber. Wertrelation zwischen Gold und Silber. Bimetallismus. Goldwährung. — Reduktion der Metalloxyde. Rösten der Schwefelverbindungen. Gusseisen. Stahl. Schmiedeeisen. Hochofen. Schlacken. Koks. Puddelprozess. Walzeisen. Schienenwege. Cementstahl. Gussstahl. Bessemerstahl. Spiegeleisen. Mangan. Entphosphorung des Eisens. Flussstahl. Gasfeuerung. Regeneratoren. Freiflammführung. Zink. Galvanoplastik. Kalium. Natrium. Aluminium.

Wir sprechen im Leben von zwei grossen Klassen von Metallen, den edlen und den unedlen. Der Hauptunterschied zwischen ihnen besteht darin, dass die edlen Metalle von anderen Elementen, und zwar hauptsächlich Sauerstoff und Schwefel, die infolge ihres massenhaften Vorkommens auf Erden am meisten in Betracht zu ziehen sind, sehr wenig angegriffen werden, während die unedlen, deren Angriff sehr bald erliegen, oder anders ausgedrückt sich im Unterschiede zu den edlen gern mit Sauerstoff oder Schwefel chemisch verbinden.

So finden sich denn die edlen Metalle meist als solche auf der Erde, und sind daher verhältnismässig leicht gewinnbar, während die anderen im Laufe der unendlichen Zeiten bald durch Sauerstoff in Oxyde, bald durch Schwefel in Schwefelverbindungen[1]) übergeführt sind, resp. in Form noch weit komplizierterer Verbindungen vorkommen.

Wenn die unedlen Metalle dem menschlichen Gebrauche dienen sollen, müssen sie aus der Verlarvung, in

1) Die Bergleute nennen die Schwefelverbindungen bald Kiese, bald Glanze, bald Blenden. Die ersten beiden haben einen metallischen Habitus wie z. B. der Bleiglanz, die letzteren zeigen diesen nicht.

Digitized by Google

der sie sich in der Natur finden, durch irgend einen Prozess befreit werden, und man spricht von ihren natürlich vorkommenden Verbindungen als von ihren Erzen, wenn sich diese an einer Stelle in solchen Massen finden, dass die technische Abscheidung des Metalles aus ihnen lohnend wird.

Nur in der dichterischen Sprache wird Erz, und im Anschluss daran ehern, als Bezeichnung für Metall oder Metallgemische resp. für metallisch gebraucht, während im praktischen Leben ersteres also niemals das Metall selbst, sondern irgend welche in der Natur sich findenden Verbindungen desselben bedeutet, und letzteres hier überhaupt nicht verwendet wird.

Es hätte wenig Zweck hier alle Metalle zu besprechen, zumal sich dabei viele Wiederholungen ergeben würden. Abgesehen von einigen Mitteilungen über edle Metalle wollen wir daher nur die Gewinnung des Eisens als des im Leben wichtigsten von ihnen ausführlich erörtern. Sie wird uns zugleich ermöglichen, einen genügenden Einblick in die Metallgewinnung überhaupt zu geben.

Das Gold — und das Platin — kommen, als auch im chemischen Sinne edle Metalle, fast nur als solche auf der Erde vor. Man findet das Gold und ähnlich das Platin im Sande der Flüsse oder auch sonst in Sandlagern, und wäscht die Metalle aus diesen heraus. Solche goldhaltigen Sandlager nennt man Goldseifen. Findet das Gold sich im harten Gestein eingesprengt, so wird dieses zerstampft und gemahlen, und nun das Metall entweder direkt herausgewaschen, oder mit Hilfe von Quecksilber oder Chemikalien, welche das Gold auflösen, herausgezogen.

Quecksilber löst Gold mit Leichtigkeit, im übrigen ist es in jeder einzelnen Säure unlöslich, nur ein Gemisch von Salzsäure und Salpetersäure löst es, und weil das Gold bei den Alchymisten für den König der Metalle galt, nannten sie diese Mischung Königswasser. Sie löst es, weil durch Einwirkung der Salpetersäure auf die Salzsäure Chlor in ihr vorhanden ist, welches das Gold angreift, so dass wir in der mittelst Königswasser erzielten

Digitized by Google

Lösung schliesslich Chlorgold haben. Im Bergbau dienen jetzt zum Extrahieren des zerstampften Gesteins ausser dem Quecksilber namentlich das Cyankalium ein in der Neuzeit gefundenes Lösungsmittel.

Die Gewinnung des Silbers ist, abgesehen von den Orten, an denen es gediegen vorkommt, schon nicht mehr so einfach, dass sie hier auseinander gesetzt werden kann, und wir wollen, da alle Methoden nur speziell für das Silber brauchbar sind, hier nicht näher auf sie eingehen, obgleich namentlich ihre Vervollkommnungen in chemischer Beziehung so viel zu dessen Preissturz beigetragen haben.

Mehr kann uns hier schon die jetzt wieder so brennende Frage vom Werte dieser beiden Metalle interessieren.

Die älteste Nachricht hierüber besitzen wir etwa aus dem Jahre 710 vor Christus. In den Fundamenten des Palastes des Königs Sargina in der damals assyrischen Stadt Khorsabad, die aus jener Zeit stammen, sind eine Gold- und eine Silberplatte mit Inschriften gefunden worden, aus denen folgt, dass damals ein Pfund Gold $13^1/_3$ Pfund Silber wert war, und diese Wertrelation finden wir auch in allen späteren Zeiten höchst merkwürdigerweise immer ungefähr wieder, so im alten Rom, und auch im Mittelalter. Das genaue Wertverhältnis zwischen Gold und Silber ist ununterbrochen seit 1687 bekannt, von welchem Jahre ab die Kaufleute der Londoner und der Hamburger Börse den Wert beider Metalle notieren liessen.

Da finden wir denn, auf Gewicht gerechnet, dass dieses Verhältnis zwei Jahrhunderte fast, nämlich bis zum Jahre 1874, nur sehr wenig schwankte, indem ein Pfund Gold im grossen ganzen so viel als $15^1/_2$ Pfund Silber galt. Mit dem Jahre 1874 änderte sich das. Die ganz ungeheure Vermehrung der Silberproduktion, die von Amerika ausging, und die jetzt womöglich noch von Australien hinsichtlich des Wachsens der Produktion übertrumpft wird, setzte so viel weisses Metall in die Welt (siehe die Produktionszahlen), dass das Angebot bei weitem über den Bedarf hinausging.

Digitized by Google

Ob es sich dabei nun um weisses Metall oder rotes Metall — mit dem Kupfer ging es infolge der Überproduktion z. B. hinsichtlich seines Preises ebenso — oder um Getreide handelt, ist ziemlich gleichgültig, was mit Gewalt verkauft werden muss, muss billiger abgegeben werden, und so sehen wir als Folge der ungeheuren Produktionsvermehrung, der ein genügender Bedarf nicht gegenübersteht, das Silber fortwährend billiger werden. Man bekam für ein Pfund Gold infolgedessen schon bis über siebenunddreissig Pfund Silber.

So liegen die Verhältnisse, wenn man mit Gold und Silber als Waren rechnet, und das sind sie doch, denn sie werden wie jede andere Ware irgendwie und irgendwo erzeugt, und so hängt auch ihr Wert, wie der jeder anderen Ware von Angebot und Nachfrage ab.

Die Totalproduktion der Welt an Gold belief sich den genauesten Schätzungen zufolge vom Jahre 1492 ab, also seit der Entdeckung Amerikas, bis zum Jahre 1896 einschliesslich auf 435163545 Unzen (13535403 Kilo). Die Totalproduktion an Silber betrug im gleichen Zeitraume 8206548847 Unzen (255258129 Kilo).

Die genaueren Zahlen für die letzten 30 Jahre etwa sind folgende. Die Gewinnung an beiden Metallen betrug jährlich:

im Durchschnitt der Jahre	an Gold		an Silber	
1871—1875	5606303	Unzen (zu 31 Gramm)	59176465	Unzen
1876—1880	5269811	„	71227010	„
1881—1885	4913550	„	87581508	„
1886—1890	5320837	„	111510349	„
im Jahre	**an Gold**		**an Silber**	
1891	6286235	Unzen	137965412	Unzen
1892	7041822	„	152939986	„
1893	7666077	„	161170242	„
1894	8820227	„	164710394	„
1895	9641337	„	167288729	„
1896	9817991	„	165100887	„

Ein Kilo Gold ist 2784 Mk., ein Kilo Silber jetzt 75 Mk. wert.

Viel komplizierter erscheint ihr Wertverhältnis, wenn man es sich an den Münzen, die aus diesen beiden Metallen

Digitized by Google

geprägt werden, klar machen will. Auf die Zusammensetzung der Münzen kommen wir ausführlich im Vortrage XII bei den Metalllegierungen zurück.

Solange das Verhältnis zwischen Gold und Silber konstant blieb, also für die jetzt Lebenden bis etwa zum Jahre 1874, war es ganz gleich, ob man ein Pfund Goldmünzen oder 15,5 Pfund Silbermünzen — auf den reinen Gehalt an Gold und Silber gerechnet — besass, denn jeder Zeit konnte man, je nachdem man es nötig hatte, die Goldmünzen gegen das entsprechende Quantum Silbermünzen oder umgekehrt eintauschen.

Das war die Zeit des „berechtigten" Bimetallismus. Da sich beide Metalle wegen ihres relativ hohen Wertes an sich zu Münzen eigneten, prägten die Staaten diese im Gewichtsverhältnis von 1 zu 15,5 aus.

Als nun die Zeit kam, dass man für 1 Pfund Gold 16 Pfund Silber ja 17 Pfund etc. Silber bekommen konnte, mussten natürlich die Staaten ihre Anstalten sehr bald für die Ausprägung des ihnen von Privatleuten gelieferten Silbers schliessen, womit das Ende des Bimetallismus gekommen war. Denn sie hätten ihren gesetzlichen Vorschriften gemäss aus 15,5 Pfund Silber immer weiter den gleichen Wert an Münzen, wie aus einem Pfund Gold prägen müssen, während man die 15,5 Pfund ungeprägten Silbers schon für, sagen wir, $^9/_{10}$ Pfund und hernach für immer weniger Gold kaufen konnte, wodurch natürlich alle Goldmünzen sofort aus den betreffenden Ländern ausgewandert wären. Denn die Händler, in diesem Falle Bankiers genannt, hätten diese ins Ausland geschafft, und dort für ein Pfund von ihnen — immer auf reines edles Metall gerechnet — nicht nur 15,5 sondern allmählich 30 und mehr Pfund Silber bekommen, und letzteres sodann den betreffenden Staatsanstalten zur Ausprägung übergeben. Diese hätten aber so viel Münzen schon aus 15,5 Pfund Silber anfertigen müssen, dass sie ihrer Aufschrift nach die gleiche Summe wie ein Pfund Goldmünzen repräsentierten, die jedermann in dem betreffenden Lande als vollgültig hätte annehmen müssen. Folglich hätte der Händler bei dem oben genannten Verhältnis beim Verkauf jeden

Digitized by Google

Pfund Goldes und nachherigem Ausprägen des dagegen gekauften Silbers 14,5 Pfund Silber verdient. In den letzten Jahren konnte man wie erwähnt nun schon für 1 Pfund Gold bis 37 Pfund Silber bekommen. Man würde also, wenn die betreffenden Staaten noch wie ehemals Silbermünzen für Rechnung von Privatleuten prägten, an jedem einzelnen Pfund Goldmünzen, das man aus ihnen ausführte, wenn man dagegen Silbermünzen geprägt bekommen hätte, bis zu 21,5 Pfund Silber verdient haben, und das ist doch klar, unter diesen Umständen wäre nicht ein Pfund Goldmünzen in den betreffenden Ländern geblieben.

Rechnet man die angegebenen Gewichtsverhältnisse in Geld um, so bedeutet das folgendes. In London, welches noch immer der massgebende Platz im Edelmetallverkehr ist, kostete bis 1874 eine Unze Silber (das sind etwa 31 Gramm) im kaum schwankenden Durchschnitt der Jahre cirka 60 Pence, und zu Zeiten kaufte man die Unze jetzt schon etwa für 25 Pence.

Da wir Goldwährung haben, sind wir von diesen Schwankungen unabhängig, denn das Gesetz bestimmt bei uns glattweg, dass aus einem Kilo Silber 200 Mark geprägt werden, und zwar in einer Menge von 10 Mark auf den Kopf der Bevölkerung. Daher sind 20 Mark in silbernen Einmarkstücken an sich jetzt lange nicht so viel wert, wie ein goldenes Zwanzigmarkstück, sondern, wenn diese 20 Stücke zufällig zusammenschmelzen, ist der Silberklumpen, der dann, wie aus der gesetzlichen Bestimmung hervorgeht, 100 Gramm ungeprägtes Silber enthält, eine nur nach Gewicht verkaufbare Handelsware, und als solche noch nicht für acht Mark verkäuflich, weil gegenwärtig der Preis des Silbers also nur 75 Mark für ein Kilogramm beträgt. Die zwanzig Einmarkstücke sind also nur infolge der gesetzlichen Bestimmung so viel mehr wert als ihrem Silberwert entspricht, und das Gesetz bestimmt deshalb zugleich, dass, da wir Goldwährung haben, niemand gezwungen ist, bei einer einzelnen Zahlung mehr als zwanzig Mark in Silber anzunehmen.

Nun ist es sehr wunderbar, dass es in Europa überall jetzt die Partei der Bimetallisten giebt, die die Heilung

Digitized by Google

aller wirtschaftlichen Schäden, oder sagen wir die bessere Bezahlung jeder Arbeit und Werterhöhung jeden Besitzes, und damit eine allgemeine Verbesserung unserer socialen Verhältnisse davon erhofft, dass womöglich das Wertverhältnis von Gold zu Silber wie 1 zu 15,5 wieder hergestellt werde, die also von dieser vergangenen Zeit schwärmt.

Die weniger enragierten Anhänger dieser Theorie wollen sich allerdings jetzt etwa mit dem Verhältnis 1 zu 22 begnügen — wie man sieht, sind sich also die Bimetallisten nicht einmal untereinander darüber einig, was sie eigentlich wollen — während in Wahrheit das Verhältnis jetzt also schon um 1 zu 37 herum schwankt.

Gerade dies Schwanken macht aber jeden Bimetallismus heutzutage unmöglich. Denn wenn auch die Staaten infolge internationaler Abmachungen beschliessen würden, wieder Gold- und Silbermünzen, in einem bestimmten Verhältnis von einem Pfund Goldmünzen zu einer festgesetzten Anzahl Pfunde, sagen wir z. B. 22 Pfund Silbermünzen zu prägen, so würde das doch die Silberminenbesitzer der ganzen Welt, da jetzt Silber wieder mehr wert wäre, nur veranlassen ihre Produktion — „die durch ihre Vergrösserung den alten berechtigten Bimetallismus, auf den sie, solange er existierte, nie Rücksicht genommen haben, zerstörte“ — weiter um so und so viel zu vergrössern, bis dem neuen internationalen glücklich auch wieder der Garaus gemacht wäre.

Ohne internationale Abmachungen geht es natürlich überhaupt nicht, denn wollte ein einzelner Staat gegenwärtig Silbermünzen wieder aus so viel Silber, als ihm dazu übergeben würde, zu einem Satze, der für das Verhältnis von Gold zu Silber günstiger wie 1 zu 37 etwa wäre, prägen, er wäre, wie wir oben besprochen haben, in wenigen Wochen alle seine Goldmünzen los.

So sind denn die Staaten am besten daran, die Goldwährung haben. Ihre Bewohner besitzen einen stabilen, keinen Schwankungen unterworfenen Wertmesser für alle Dinge, die in Geld ausgeglichen werden sollen, und so sehen wir bei den Kulturstaaten, die noch nicht im

Digitized by Google

Besitze der Goldwährung sind, das Bestreben zu ihr überzugehen. Bis vor wenigen Jahren beunruhigten die Bimetallisten die Gemüter auch damit, es gäbe gar nicht genug Gold, um in allen Staaten die Goldwährung zu ermöglichen, indem man nicht so viel Goldmünzen würde herstellen können, als im Verkehr würden gebraucht werden. Nach den massenhaften Goldfunden in Südafrika, und ganz neuerdings in Clondike im nördlichsten Amerika, ist aber diese Sorge für die jetzt lebende Generation geschwunden, wie die Produktionszahlen zeigen.

Sicher würden die Bimetallisten, so lange sie das Schwanken des Silberpreises nicht wieder aus der Welt schaffen, nur eines erzielen, wenn sie die Kulturstaaten zur Einführung eines internationalen Bimetallismus veranlassen könnten auf die Utopien hin, die sie von dem dann anbrechenden wirtschaftlichen Völkerfrühling jedem, der davon hören will, ausmalen, — „denn einen zuverlässigen Beweis für ihre Behauptungen hat nie einer von ihnen beigebracht, weil es einen solchen gar nicht giebt, sonst könnte er mittelst dieses die massgebenden Kreise ja leicht zur Wiedereinführung des Bimetallismus bekehren“ — sicher wäre nur das, dass die Besitzer der amerikanischen und australischen Silberminen, von deren ersteren einer ja bereits der reichste Mann der Welt ist, noch sehr viel mehr an ihren Minen verdienten, und daran haben die Europäer doch kein gerade grosses Interesse. Der Nutzen der europäischen Silberproduzenten würde wegen der Kleinheit der europäischen Produktion daneben nicht bedeutend sein. Alle sonstigen Fortschritte für Europa, die das Wort Bimetallismus für dieses mit sich führen soll, beruhen auf Anschauungen, für die sie schwärmen, für die sie positive Beweise also nicht beibringen können, während sich manche theoretischen vielleicht konstruieren lassen, die dann auf nicht Sachverständige ihren Eindruck nicht verfehlen.

Daher kann es nicht wunder nehmen, dass, seitdem der Bimetallismus sich wieder an die grosse Masse wendet, er die Anzahl seiner Anhänger sehr wachsen gesehen hat. Die Besucher der Versammlungen verstehen zwar meist

Digitized by Google

wegen der Schwierigkeit des Themas den Zusammenhang des Vorgetragenen nicht recht, aber der Vortragende behauptet doch, dass der wiederhergestellte Bimetallismus, dieses so geheimnisvolle Wort für sie, wenigsten einen Teil jenes Glückes, auf das jeder gewiss seinen berechtigten Anspruch hat, herbeiführen würde, und weshalb sollten sie da nicht für den Bimetallismus sein. Rief nicht auch im Jahre 1826 ein Teil der Truppen zu Petersburg bei der Thronbesteigung des Kaisers Konstantin, es lebe die Konstitution statt es lebe Konstantin, nachdem ihm gesagt worden war, ersteres wäre der Name der neuen Kaiserin.

So schrieb Verfasser im Dezember 1895. Seither haben die Regierungen Deutschlands, Österreichs, Englands und Frankreichs das an sie gestellte Ansinnen, zum Bimetallismus zurückzukehren, öfters auf das energischste zurückgewiesen. Im März 1896 fand das vom Verfasser behauptete Bestreben weiterer Kulturstaaten die Goldwährung einführen zu wollen, seine Bestätigung, indem Russland seitdem zur Goldwährung übergegangen ist. Ihm folgte im Jahre 1897 Japan.

Weiter kam dann im November 1896 die Wahlniederlage des zum Präsidenten der vereinigten Staaten vorgeschlagenen Kandidaten Bryan hinzu, welcher den Bimetallismus in Nordamerika wieder einzuführen sich verpflichtet hatte, trotz der ungeheuren Mittel für die Wahlagitation, die ihm von amerikanischen Silberkönigen zur Verfügung gestellt worden waren.

Damit ist wohl das Schicksal des Bimetallismus, nachdem er in dem Lande, welches zu den am meisten Silber produzierenden Gebieten der Erde gehört, keinen Erfolg mehr zu erringen vermochte, besiegelt. Wenn seine Anhänger auch noch viele Reden zu seinen Gunsten halten werden, indem die vom Stein des Bimetallismus im Entenpfuhl der Währungsdebatten erregten Wellen sich ja erst allmählich beruhigen werden, an irgend welch praktischen Erfolg werden sie wohl bald selbst nicht mehr glauben, und wie lange unter diesen Umständen noch ernstlich mit der Partei der Bimetallisten zu rechnen sein wird, ist schwer zu sagen.

Digitized by Google

Die unedlen Metalle, zu denen wir jetzt übergehen, werden, wie erwähnt, aus ihren Erzen, die im grossen ganzen entweder Oxyde oder Schwefelverbindungen sind, gewonnen. Aus den Oxyden, also den Sauerstoffverbindungen, erfolgt ihre Abscheidung so, dass man diese mit Kohle in geeigneten Öfen erhitzt, sie werden dadurch, wie man das nennt, zu Metall reduziert, wie es sich durch folgende Gleichung ausdrücken lässt.

Eisenoxyd + Kohle = Eisen + Kohlenoxyd.

Die Schwefelverbindungen müssen, um in dieser Weise, welche die im Grossbetriebe einzig brauchbare ist, auf Metall verarbeitet werden zu können, erst an der Luft erhitzt, geröstet werden, wie der Ausdruck lautet. Dabei verbrennt der Schwefel zu schwefliger Säure und das Metall zu Oxyd, welches dann seinerseit mit Kohle reduziert wird z. B.

Schwefelzink (führt als Erz den Namen Zinkblende) + Sauerstoff (aus der Luft) = Schweflige Säure + Zinkoxyd, und

Zinkoxyd + Kohle = Zink + Kohlenoxyd.

Geht die schweflige Säure in die Luft, so verdirbt sie weit hin allen Pflanzenwuchs (siehe Seite 185). Deshalb fängt man sie heutzutage meist mit Hilfe verbesserter Ofeneinrichtungen auf, und verarbeitet sie auf Schwefelsäure.

Wir haben oben in den Gleichungen angegeben, dass bei der Reduktion der Metalloxyde die Kohle in der Hitze dieser Öfen nur in Kohlenoxydgas übergeht, während wir sonst immer sahen, dass Kohle gleich zu Kohlensäure verbrennt.

Da für das Verständnis des Folgenden die Kenntnis des Verhaltens des Kohlenstoffs gegenüber dem Sauerstoff, also die Art wie er verbrennt, absolut notwendig ist, muss sie hier, was glücklicherweise sich mit wenigen Worten erledigen lässt, klargelegt werden.

Der Grund also dafür, dass bei der Metallgewinnung

Digitized by Google

die Kohle nur zu Kohlenoxyd verbrennt, ist der, dass die zur Reduktion der Metalloxyde nötige Temperatur so hoch liegt, dass der Kohlenstoff nur noch ein Atom Sauerstoff zu binden vermag. Mit diesem bildet er Kohlenoxydgas, und dieses Gas kann nachträglich mit einem zweiten Atom Sauerstoff seinerseits wieder weiter zu Kohlensäure verbrennen. Folgende Gleichungen geben die Vorgänge sehr klar wieder.

$$\begin{array}{rcl} \text{Kohle} + 1 \text{ Atom Sauerstoff} & = & \text{Kohlenoxyd} \\ \text{C} + \text{O} & = & \text{CO} \\ \text{Kohlenoxyd} + 1 \text{ Atom Sauerstoff} & = & \text{Kohlensäure} \\ \text{CO} + \text{O} & = & \text{CO}_2 \end{array}$$

Das Kohlenoxyd ist also die Zwischenstufe der Verbrennung zwischen der Kohle und der Kohlensäure.

Nunmehr gehen wir speziell zur Gewinnung des Eisens über. Beim Eisen unterscheidet man von alters her drei Sorten:

Gusseisen, welches 2,3 Prozent und mehr Kohlenstoff enthält.
Stahl, welcher 1,6 Prozent und weniger Kohlenstoff enthält, aber mehr als
Schmiedeeisen, welches etwa $^1/_2$ Proz. Kohlenstoff enthält.[1])

Wir müssen uns auch dieses, um das Folgende zu verstehen, genau merken.

Das Gusseisen ist schmelzbar und kann, wie schon sein Name besagt, zu Gusswaren dienen, lässt sich aber nicht schmieden. Der Stahl lässt sich schmieden, und die aus ihm geschmiedeten Gegenstände können hernach durch schnelles Abkühlen gehärtet werden. Das Schmiedeeisen lässt sich ebenfalls schmieden, ist aber nachher nicht härtbar. Der Begriff schmiedbar besagt, dass diese Eisensorten bei heller Glühhitze so weit erweichen, dass sie durch Hammerschläge oder sonstwie ausgeübten Druck sich in beliebige Formen bringen lassen.

---

1) Anmerkung: Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 1,6 und 2,3 Prozent findet keine technische Verwertung.

Digitized by Google

Beide Sorten sind auch schweissbar, d. h. bei sehr hoher Temperatur nämlich bei Weissglut lassen sich zwei Stücke von ihnen durch kräftiges Hämmern zu einem vereinigen. Sie verhalten sich dann also etwa so, wie zwei zwischen den Fingern erweichte Stücke Bienenwachs, die sich durch Drücken leicht zu einem Stück vereinigen lassen.

Die neueste Eisenkunde unterscheidet zwar weit mehr Eisensorten, für uns genügt aber die oben angeführte Einteilung, wie wir uns überzeugen werden.

Doch werden heute andererseits so viele schmiedbare Zwischenstufen zwischen Stahl und Schmiedeeisen hergestellt, dass man häufig kaum in der Lage ist zu sagen, ob man es mit einem Stahl oder einem Schmiedeeisen zu thun hat, und so thut man vielleicht besser die schmiedbaren Eisensorten, statt sie als Stahl und Schmiedeeisen zu unterscheiden, jetzt in Rücksicht auf den Endprozess ihrer Darstellung zu benennen. Wie wir im Folgenden sehen werden, werden schmiedbare Eisensorten zum Teil so erhalten, dass das Ausgangsmaterial, ohne dass es zum Schmelzen kommt, in eine schmiedbare Masse verwandelt wird. Solche Eisensorten nennt man Schweissstahl oder Schweisseisen. Aber es wird auch bei anderen Prozessen in eine geschmolzene also geflossene Masse, die hernach schmiedbar ist, verwandelt. Solche Sorten nennt man Flussstahl oder Flusseisen. Weil wir diesen Ausdrücken jetzt fortwährend begegnen, z. B. bei Beschreibung grosser Brückenbauten etc., war es nötig, auch sie hier zu erklären. Zur Darstellung des Schweisseisens und Schweissstahls dienen jetzt hauptsächlich

Das Puddeln
Das Cementieren
Das Tempern.

Zur Herstellung des Flussstahls und Flusseisens dienen

Das Bessemern
Das Siemens-Martinverfahren

die wir nun, uns wiederum an die historische Entwickelung (siehe Seite 225) haltend, kennen lernen wollen.

Wie wir sahen, enthält jedes Handelseisen Kohlenstoff. Und während es bekannt ist, dass man alle anderen Metalle so rein wie möglich herzustellen sucht, indem ihre besonderen Eigenschaften im Stadium der grössten Rein-

Digitized by Google

heit am besten zur Geltung kommen, liegen also die Verhältnisse beim Eisen ganz anders. Gerade die Verunreinigung des Eisens durch Kohlenstoff, wenn es in diesem Falle erlaubt ist den Ausdruck anzuwenden, ist also durchaus notwendig, um ihm jene verschiedenartigen Eigenschaften zu erteilen, die es zum brauchbarsten aller Metalle machen.

Nun nimmt Eisen über 2,3 Prozent Kohlenstoff nur in sehr hoher Temperatur auf, und infolgedessen kannte das Altertum Gusseisen überhaupt nicht. Wohl aber ist Schmiedeeisen uralt bekannt. So ist ein Stück von ihm in einer Pyramide, deren Alter auf 4900 Jahre berechnet ist, gefunden worden. Jedoch auch dessen Gewinnung hing ganz von der Höhe des Kulturzustandes der betreffenden Länder ab, denn andrerseits berichtet Cäsar, dass, als er nach Britannien kam, also in der Mitte der fünfziger Jahre vor Christi Geburt, dort Gold und Eisen ziemlich gleichwertig gewesen seien, indem die Einwohner nur das wenige, was durch Händler hinkam, besassen.

Zu jener Zeit war also die Eisendarstellung in England noch unbekannt, jenem Lande, in dem hernach die grössten Erfindungen auf diesem Gebiete gemacht worden sind, wie wir sehen werden, und dessen Roheisenproduktion Jahrhunderte lang die bedeutendste auf Erden geblieben ist, bis erst vor einigen Jahren die der Vereinigten Staaten von Nordamerika[1]), die ja aber auch ihrem Flächeninhalt nach ausserordentlich viel grösser sind, sie hinsichtlich der Quantität überholte. Als Beispiel des rücksichtslosen Vorgehens amerikanischer Grubenbesitzer sei folgendes angeführt. Anfangs der neunziger Jahre wurden die Mesabi-Eisensteingruben entdeckt. 1892 förderte man dort 4245 Tonnen (zu 1000 Kilo) Erze, 1893 613620 Tonnen, 1894

1) Anmerkung: Hinsichtlich fertiger Eisen- und Stahlwaren (also nicht des Roheisens) hat sich auch das Verhältnis Deutschland gegenüber bereits verschoben. 1882 war die Erzeugung von derartigen Waren in England noch doppelt so gross als in Deutschland, 1895 hat sie aber in Deutschland 5927000 Tonnen betragen, während England nur noch etwas mehr als 4000000 Tonnen produzierte.

Digitized by Google

1792170 Tonnen. Jetzt soll die Förderung andauernd auf 5000000 Tonnen jährlich gebracht werden, eine Produktionsvermehrung, wie sie im gleichen Verhältnis in Europa undenkbar ist.

Das Ausschmelzen des Eisens aus seinen Erzen ist nun ohne gleichzeitige Erörterung der Herstellung der für diesen Zweck notwendigen hohen Temperatur nicht klar zu machen. Die Erzeugung dieser in passend konstruierten Ofen ist eine an und für sich höchst interessante Aufgabe der Technik, und wir müssen die Art und Weise der Verwendung der Brennmaterialien zur Herstellung solch hoher Temperaturen immer an den betreffenden Stellen mit erörtern.

Denken wir uns Holz oder Kohle oder sonst ein Brennmaterial am Boden liegend brennen, so werden wir nur ein wenig brauchbares Flackerfeuer erzielen, indem der Zutritt der Luft, mit Hilfe dessen doch der Kohlenstoff nur verbrennen kann, ein ganz ungenügender ist.

Anders gestaltet sich schon die Sache, wenn wir das Heizmaterial auf einem durchbrochenen Boden anzünden, so dass die Luft auch von unten zutreten kann. Wir erreichen das ja, indem wir die Feuerung auf Rosten brennen lassen, und sorgen wir dafür, dass die Verbrennungsprodukte, also die Kohlensäure etc. recht rasch entfernt werden, indem wir ein Rohr als Zugerreger in passender Höhe über dem Feuer befestigen, so veranlasst die regelmässig nachströmende Luft ein gleichmässiges kräftiges Brennen des Materials.

Ein solches Rohr, das in den Häusern die Form des Schornsteins annimmt, wirkt als Zugerreger, indem die durch das Feuer stark erhitzten Gase, also namentlich die entstandene Kohlensäure und der mit der Luft zugleich in die Feuerung gelangte Stickstoff sich ausdehnen, und jetzt durch die Hitze leichter sind als die umgebende Luft, folglich das Bestreben aufzusteigen haben. Dadurch wirken sie andrerseits zugleich saugend und hierdurch strömt durch die Roste neue Luft an ihre Stelle.

In einem derartigen Feuer lassen sich schon manche Metalloxyde durch Kohle reduzieren, also in Metall über-

Digitized by Google

führen, aber nicht das Eisenoxyd. Dies wird erst reduziert, wenn man einem solchen Feuer die Mühe abnimmt sich die Luft anzusaugen, indem man sie statt dessen geradezu in dasselbe hineinbläst, wodurch natürlich ein sehr heftiges Verbrennen erzielt wird. Eine derartige Vorrichtung repräsentiert nun jedes Schmiedefeuer, da es ja mit dem Blasebalg angefacht wird.

Im Schmiedefeuer (Figur 17) reduzierten denn auch die Alten das Eisenoxyd, und kamen, je nach der Art zu arbeiten, zu Klumpen bald von Schmiedeeisen, bald von Stahl. Entsprechend der Behandlung, welcher sie das Eisenoxyd unterwarfen, verband sich bald mehr, bald weniger Kohlenstoff mit dem Eisen, wovon doch die Gewinnung des einen oder des anderen abhängt.

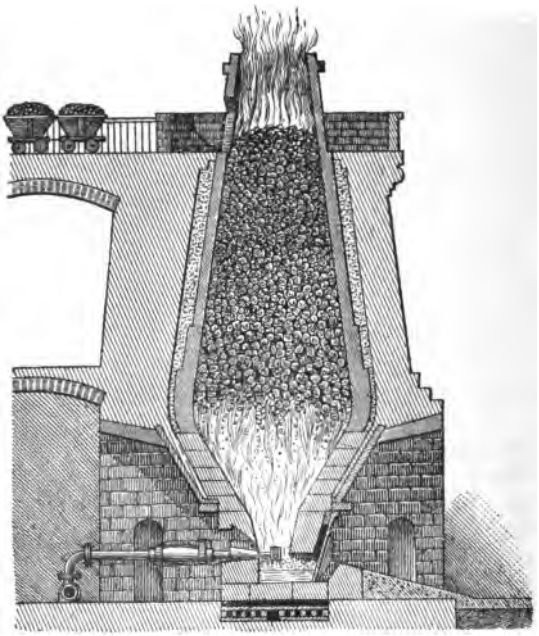
Figur 17.

Je nach der Reinheit der Erze, die ihnen zu Gebote standen, und nach der Übung der Arbeiter, die ihre Kenntnisse und Handgriffe durch Generationen vererbten, fielen die Leistungen besser oder weniger gut aus, und daher erklärt sich der Ruhm, den Damascener und Toledaner Klingen z. B. in der Welt hatten, in der Art, dass man in jenen Gegenden speziell die Kunst der Stahlerzeugung, eine im Schmiedefeuer nur schwierig ausführbare Arbeit, zu hoher Blüte gebracht hatte. Dieses uralte längst verlassene Verfahren der direkten Gewinnung von schmiedbarem Eisen aus den Erzen bezeichnet man als Rennarbeit.

Im Schmiedefeuer lassen sich nämlich nur verhältnismässig leicht reduzierbare Eisenerze verarbeiten. Bei der

Digitized by Google

allmählichen Ausbreitung der Eisengewinnung über die verschiedenen der Kultur zugängig werdenden Länder hatte man aber nicht überall solche zur Verfügung, und so sah man sich zur Verstärkung der Hitze genötigt. Diese erreichte man dadurch, dass man das Schmiedefeuer mit Steinen umbaute, es in einen Schachtofen (siehe Figur 18) verwandelte. Jetzt ging die Hitze des Feuers



Figur 18.

nicht gleich in die Umgebung verloren, sondern die glühend gewordenen Steine hielten sie vielmehr zusammen, und nun stieg die Temperatur so hoch, dass das in solchem Ofen reduzierte Eisen über zwei Prozent Kohlenstoff aufnahm, und als Flüssigkeit, als Gusseisen aus dem Ofen lief.

Die Erfindung scheint in der Gegend des südlichen Elsass in der Nähe des heutigen Mülhausen gemacht zu

Digitized by Google

sein, wenigstens stammen die ältesten Stücke Gusseisen, die man kennt, aus der Zeit um 1490 und aus jener Gegend. Die Erfindung des Gusseisens fällt also etwa in die Zeit der Entdeckung Amerikas.

Die Weiterverbreitung seiner Herstellung erfolgte ziemlich langsam, erst 1547 begann seine Darstellung in England. In Preussen, dessen damalige territoriale Ausdehnung aber ja sehr von der heutigen abwich, wurde das erste Eisen 1667 erschmolzen.

Solche Schachtöfen im ungeheuer vergrösserten Massstabe unter Ausnutzung aller möglichen Hilfsmittel stellen nun unsere heutigen Eisenhochöfen (siehe Figur 18) dar.

Hinsichtlich der Eisengewinnung in ihnen haben wir folgendes hervorzuheben. Ist das Eisenerz im Ofen durch die Kohle zu Eisen reduziert, und sinkt das Metall immer weiter in ihm herab, bis es an eine so heisse Stelle kommt, dass es durch Aufnahme der genügenden Kohlenstoffmenge flüssig wird, so hat es hernach noch die Zone zu passieren, in welcher die Luft in den Ofen eingeblasen wird. An dieser Stelle würde es bei der hohen Temperatur einfach wieder zu Eisenoxyd verbrennen, wenn nicht besondere Vorsichtsmassregeln dagegen getroffen wären. Diese Vorsichtsmassregeln bilden die „Schlacken".

Schlacken sind eine Sorte von Glas, daher Doppelsilikate wie wir wissen (siehe Seite 206). Man bringt in den Hochofen deshalb nicht nur Kohle und Eisenoxyd, sondern auch Kalkstein und Thon (Thon ist ja kieselsaure Thonerde) und wenn nötig auch Sand. Diese Zusätze variieren nach den Bestandteilen, die den Erzen so wie so anhaften, und nach den Gegenden, indem man die gerade vorhandenen möglichst billigen geeigneten Stoffe wählt. In der Hitze des Ofens bildet sich aus den von uns genannten, welche die meiste Verwendung finden, kieselsaure Kalk-Thonerde, ein Doppelsilikat, also eine Art Glas.

Die Mischung der Schlackenbestandteile ist nun immer derartig gewählt, dass sie erst, nachdem das Eisen genügend Kohlenstoff aufgenommen hat, um Gusseisen zu

Digitized by Google

sein, zu einem Glase zusammenschmilzt. Dieses Glas hüllt dann die einzelnen Tropfen des flüssigen Eisens ein, und schützt sie vor dem Einfluss der Gebläseluft.

Auf diese Art passiert das Metall jene Zone, in welcher die glühende Luft vorhanden ist, ohne wieder zu verbrennen. Unterhalb derselben trennt sich dann das flüssige Eisen durch seine Schwere von dem leichteren Glase. Beide laufen flüssig aus dem Ofen.[1]) Das erstarrte Eisen führt hernach den Namen Roheisen, das erstarrte Glas also die Bezeichnung Schlacke.

Erst durch die Erfindung des Gusseisens wurde die Eisendarstellung eine „Grossindustrie". Denn bis zu der Zeit hatte der Schmied in seinem Rennfeuer täglich zwei bis drei Eisenblöcke, die jeder etwa 80 Pfund wogen, fertig stellen können, worauf er den nächsten Tag in der Arbeit fortfuhr oder auch nicht. Ganz anders verhält es sich aber mit der Gusseisenherstellung. War ein Ofen für diesen Zweck erst einmal in Gang gesetzt, so musste er Tag und Nacht durcharbeiten, sonst wurde und blieb er

---

1) Anmerkung: Unsere Abbildung des Hochofens (Figur 18) ist eine teilweise schematische, die mehr das Verständnis der Roheisengewinnung möglichst erleichtern, als die genaue Wiedergabe eines solchen modernen Ungeheuers sein soll. Braucht ein solches doch z. B. sechs bis sieben Luftzuführungen, während wir nur eine solche auf der Zeichnung sehen. Auch ist der Ofen oben offen und brennend gezeichnet. Damit verhält es sich aber heute ebenfalls anders. Da wo die Luft, die man jetzt vor ihrem Eintritt stark erhitzt, in den Ofen geblasen wird, verbrennt die Kohle natürlich zu Kohlensäure. Die glühende Kohlensäure wirkt aber auf die höher liegenden Kohlenschichten so ein, dass sie sich mit deren Kohlenstoff wieder zu Kohlenoxyd vereinigt.

1 Mol. Kohlensäure	+	1 Mol. Kohlenstoff	=	2 Mol. Kohlenoxyd		
CO_2	+	C	=	2 CO		

und so entweicht aus dem Ofen das brennbare Kohlenoxydgas. Statt dieses nun wie in alten Zeiten (so ist es auf der Zeichnung angegeben) nutzlos an der Luft verbrennen zu lassen, schliesst man heutzutage den Hochofen mit einer Haube ab, und leitet es von dieser aus z. B. unter Dampfkessel, unter denen man es anzündet, oder benutzt es zum Erhitzen der in den Ofen mittelst des Gebläses hineingetriebenen Luft, und zu ähnlichen Zwecken.

Digitized by Google

gar nicht heiss genug, um überhaupt Eisen auszuschmelzen, und er lieferte infolge des ununterbrochenen Betriebes wiederum grosse Mengen von Gusseisen, das dadurch ein billiger Verbrauchsartikel wurde.

Zum Betriebe eines solchen Hochofens sind eine grössere Anzahl Arbeiter nötig, die Tag und Nacht abwechselnd zur Verfügung stehen müssen. Der ehemalige selbstständige Schmied wird aus dem Handwerker ein Lohnarbeiter, und der Besitzer des Hochofens wird, der modernen Bezeichnung folgend, Grossindustrieller. Seine Aufgabe ist nicht mehr das persönliche Mitarbeiten bei der Eisenherstellung, sondern die Sorge für den Absatz des massenhaft erzeugten Produkts, um den sich die das Eisen ausschmelzenden Arbeiter, deren Zeit und Kraft durch ihre Thätigkeit völlig in Anspruch genommen ist, nicht kümmern können. Er muss den Absatz so zu leiten suchen, dass er den für ihn körperlich Arbeitenden nicht nur ein hinreichendes Äquivalent in Form von Lohn zahlen kann, sondern auch für sich selbst einen genügenden Überschuss erzielt, der dann bei geschickter Leitung zu gewaltigen Reichtümern führen kann.

Seit langem schon geht meist der Betrieb eines Hochofenwerkes über die Mittel eines einzelnen oder nach seinem Tode über die Mittel eines seiner Erben hinaus, und so werden solche grossen Anlagen meist von einer grösseren Anzahl von Kapitalisten als Aktiengesellschaften betrieben.

Roheisen enthält also mehr als 2,3 Prozent Kohlenstoff, und wenn es gelingt, einen Teil dieses Kohlenstoffs zu verbrennen, so muss es (siehe Seite 253) in Stahl oder in Schmiedeeisen übergehen. Und das gelingt wirklich. Wenn man das Roheisen im Schmiedefeuer unter reichlicher Luftzufuhr erhitzt, so verliert es seine Eigenschaft sich zu verflüssigen, indem ein Teil seines Kohlenstoffs verbrennt, es wird teigig, und je nach der Kunst des Arbeiters entsteht hierbei Stahl oder Schmiedeeisen. Viel leichter entsteht allerdings letzteres, weil es sehr schwer ist, den Punkt zu treffen, bei dem noch genügend Kohlen-

Digitized by Google

stoff im Eisen vorhanden ist, damit es die Eigenschaft des Stahles hat. Zur Herstellung des Schmiedeeisens ist es nur nötig, den Kohlenstoff möglichst vollständig zu verbrennen, so viel bleibt immer noch von ihm übrig, dass der erhaltene Block dessen Beschaffenheit zeigt. Diese Methode der Gewinnung von schmiedbarem Eisen aus Roheisen bezeichnet man als Frischen.

Nun ist es sehr viel bequemer und billiger, aus dem im Hochofen aus den Erzen erschmolzenen Roheisen auf dem eben beschriebenen Wege des Frischens Schmiedeeisen herzustellen, als es nach dem früheren Verfahren der Rennarbeit direkt aus den Erzen zu erzeugen. So verlor sich die Rennarbeit, also die uralte ehemalige Methode der Schmiedeeisenerzeugung, die Jahrtausende lang den Menschen das nötige Eisen geliefert, und an der das ganze klassische Altertum nichts zu verbessern verstanden hatte, verhältnismässig rasch, und das im Hochofen erschmolzene Roheisen wurde die „Grundlage aller Eisenindustrie".

So stand die Sache bereits um 1620. Namentlich in England hatte die Herstellung des Roheisens schon damals grosse Dimensionen angenommen, indem dieses Land mehr als jedes andere jener Zeit dazu geeignet war.

Die Intelligenz seiner Bewohner betrieb mit Eifer die Ausnutzung der zahlreich vorhandenen Eisenerzgruben, und die vielen in das Land einschneidenden Flüsse ermöglichten die leichte Ausfuhr des fertigen Metalls nach allen Ländern. Da man zu jener Zeit noch keine eigentlichen Strassen, sondern nur Landwege, die bei jedem Regen grundlos wurden, kannte, war das für die Beförderung grosser Mengen von Roheisen geradezu ausschlaggebend, resp. machte es dessen lohnende Erzeugung in weit von Flüssen oder dem Meere gelegenen Gegenden unmöglich.

Als Brennmaterial diente in den Hochöfen die Holzkohle, und bei dem grossen Bedarf an ihr verschwanden die englischen Wälder zusehends, so dass — ganz abgesehen von der Waldverwüstung, auf die man wohl in jener Zeit nicht viel gab — die Notwendigkeit, nach einem

Digitized by Google

Ersatz zu suchen, sich gebieterisch geltend machte. Wollte man heute alles Roheisen mittelst Holzkohlen darstellen, so würden in wenigen Jahrzehnten die Wälder aller Kulturländer aufgebraucht sein.

Als Ersatz bot sich in England die Steinkohle. Aber mit Steinkohlen kann man keinen Hochofen betreiben. Wenn wir darauf achten, wie eigentlich Steinkohlen brennen, so sehen wir, dass sie vor dem Verbrennen halbwegs erweichen, indem in der Hitze theerige Substanzen aus ihnen ausschmelzen. Im Hochofen würden diese halbflüssigen Massen die einzelnen Stücke miteinander verkleben, infolgedessen könnte die Gebläseluft nicht hindurch, und der Weiterbetrieb des Ofens wäre unmöglich, weil er nicht ordentlich im Feuer stehen könnte. So kam man denn auf die Idee, die Steinkohlen in Koks umzuwandeln. Das heisst man brachte die Steinkohlen in einen geschlossenen Raum, ganz so wie man aus Holz Holzkohlen herzustellen gewohnt war, in dem sie also aus Mangel an Luft nicht verbrennen konnten, und erhitzte sie in diesem. Um das, was durch die Hitze aus ihnen ausgetrieben wurde, kümmerte man sich nicht, sondern nur um den Rückstand, das sind eben die Koks (siehe Seite 30). Aus ihnen ist auf diesem Wege alles leicht flüchtige und leicht schmelzbare entfernt. Sie stellen jetzt ein hartes, im Hochofen brauchbares, weil ohne Zusammenschmelzen verbrennendes Heizmaterial dar.

Um 1700 herum beginnt der Betrieb der mit Koks gefeuerten Hochöfen, und nun, wo jede beliebige Menge von Brennmaterial zu beschaffen möglich war, vergrösserte sich die Roheisenproduktion recht bedeutend, bis von 1800 etwa ab jenes gewaltige Anwachsen beginnt, dessen Ende noch nicht abzusehen ist.

Die Härte der Koks erlaubt die Öfen selbst bis 30 Meter hoch zu bauen, ohne dass sich ihr Inhalt in sich zerdrückt. Die Massen Rohmaterial, die ein solcher Ofen täglich verbraucht, wären auf die alte Weise gar nicht mehr heran und auch nicht auf seine Höhe zu schaffen, erst die Erfindung der Dampfmaschinen und Eisenbahnen ermöglicht dies.

Digitized by Google

Holzkohlenhochöfen wie sie z. B. in Steiermark betrieben wurden, lieferten gegen Ende vorigen Jahrhunderts 3000—4000 Kilo Roheisen in 24 Stunden, aber ein Kokshochofen modernster Konstruktion liefert jetzt in der gleichen Zeit 300000 Kilo von ihm.

Während so die materielle Seite des Betriebes vervollkommt wird, arbeitet die Chemie ununterbrochen an der Aufklärung der Vorgänge im Hochofen selbst, denn ganz so einfach liegen sie natürlich nicht, wie wir sie in unserer Übersicht schematisch dargestellt haben. Und indem man zugleich sich immer mehr darüber klar wird, dass namentlich der Prozentgehalt an Kohlenstoff im Eisen seine verschiedenen Eigenschaften bedingt — ansehen kann man ihm das doch durchaus nicht — wachsen nun jene staunenswerten Fortschritte, die auf Grundlage dieser Erkenntnis möglich sind, ihrer allmählichen Reife entgegen, die unsere Generation aus der Periode der Eisenzeit in die der Stahlzeit bringen sollten.

Von einer Kunst des Eisenschmelzens in der alten Bedeutung kann man heute nicht mehr sprechen, denn die Technik des Hochofenbetriebes ist jetzt Allgemeingut der Eisenhüttenleute geworden, und die Existenzfähigkeit eines Hochofens ist lediglich durch die wirtschaftlichen Verhältnisse bedingt. Daraus erklärt sich z. B. eine im grössten Stile errichtete Hochofenanlage in der Nähe von Stettin, obgleich es in jener Gegend, also der norddeutschen Tiefebene, weder Eisenerz noch Kohle noch den für die Schlacke nötigen Kalkstein giebt. Alles dieses kann aber vorteilhaft genug nach diesem grossen Hafenplatz über See von England und Schweden herangeschafft werden, indem das aus den zollfrei eingehenden Rohmaterialien hergestellte Eisen sich eines Schutzzolles erfreut, um dessen Höhe es im deutschen Reiche einen Vorsprung vor englischem und schwedischem Roheisen hat.

Der Mangel an Holzkohlen hatte, wie wir gesehen haben, zuerst in England den Übergang zu den Kokshochöfen erzwungen. Das erhaltene Roheisen wurde und wird,

Digitized by Google

so weit es nicht zu Gusswaren dient, weiter auf Stahl und Schmiedeeisen verarbeitet. Die Verarbeitung auf letzteres geschah also im Schmiedefeuer bei starkem Luftzutritt, welches Verfahren, wie wir wissen, den Namen Frischprozess führt. Bei diesem verbrennt allmählich sein Kohlenstoffgehalt von etwa 2,5 Prozent bis auf circa $^1/_2$ Prozent und dadurch ist das in Arbeit genommene Gusseisen in Schmiedeeisen verwandelt.

Für dies Verfahren sind als Brennmaterial nur Holzkohlen verwendbar, denn der Aschengehalt der Steinkohlen resp. Koks enthält Bestandteile, die, indem sie bei diesem Durcharbeiten des Roheisenblocks im Schmiedefeuer fortwährend mit ihm in Berührung kommen, chemisch in so ungünstigem Sinne einwirken, dass das schliesslich gewonnene Schmiedeeisen völlig unbrauchbar sein würde.

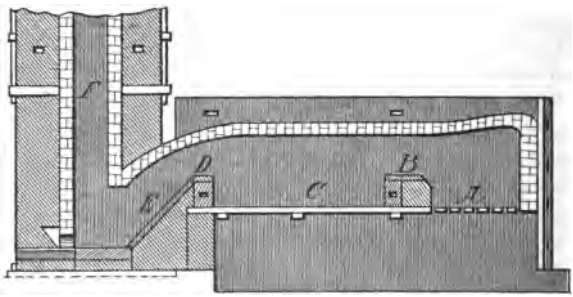
Während also das im grossindustriellen Betriebe erzeugte Roheisen längst in Massen und billig zu haben war, blieb Schmiedeeisen (für das man also die Bezeichnung Schweisseisen heute ebensogut verwenden kann), nach wie vor teuer, indem seine Herstellung erstens auf kleinindustrieellem Wege erfolgen musste, da ein Roheisenblock nach dem anderen im Schmiedefeuer wie in alten Zeiten zu bearbeiten blieb, und ausserdem zu seiner Gewinnung die teuren Holzkohlen verwendet werden mussten.

Einen Umschwung in diese Verhältnisse brachte erst die Erfindung des Engländers Cort, dessen Patent vom Jahre 1784 datiert. Er kam auf die Idee, bei der Schmiedeeisengewinnung die Feuerung vom Roheisen getrennt zu halten, so dass die Asche des Brennmaterials nicht mehr mit dem Eisen in Berührung kommt, folglich einflusslos wird. Zu dem Zwecke verlegte er die Umwandlung desselben in Schmiedeeisen in den Flammofen, und der Prozess, den man den Puddelprozess nennt, ist der bis heute übliche geblieben, wenn auch an vielen Orten die Feuerungsanlage der Öfen, worauf wir nachher kommen, eine andere geworden ist. Beim Flammofen wirkt also, wie aus Figur 19 ersichtlich ist, nur noch die Flamme der auf dem Roste brennenden Feuerung auf das Roheisen ein, das so im Gegensatz zur Arbeit im

Digitized by Google

Schmiedefeuer mit dessen Aschenbestandteilen gar nicht in Berührung kommt.

Indem man nun auf seinem Herd, der vom Brennmaterial durch die Feuerbrücke getrennt ist, gleich eine grössere Anzahl Roheisenblöcke erhitzen kann, deren Kohlenstoffgehalt hier allmählich bis auf einen geringen



Figur 19.

A.: Rost, auf welchem das Feuerungsmaterial brennt.
B.: Feuerbrücke, welche das Brennmaterial vom Herd trennt.
C.: Herd, auf welchem das Eisen erhitzt und gepuddelt wird.
D.: Trennt den Herd von
E.: dem sogenannten Fuchs, durch den die Verbrennungsprodukte des Heizmaterials nach
F.: dem Kamin geleitet werden.

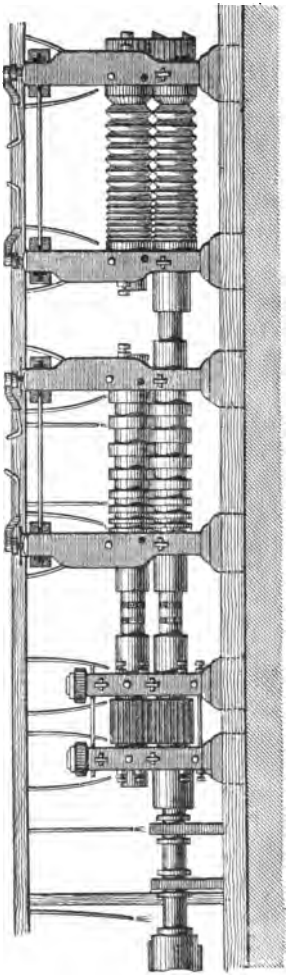
Rest verbrennt, liefert dies Verfahren jetzt grosse Quantitäten von Schmiedeeisen, und da der Ofen, um in Hitze zu bleiben, ununterbrochen Tag und Nacht betrieben werden muss, ist damit auch die Schmiedeeisendarstellung Grossindustrie geworden. Die gleiche Arbeiterzahl stellt beim Puddeln unter bedeutender Brennstoffersparnis etwa die zehnfache Menge von dem an Schmiedeeisen fertig, was sie nach dem ehemaligen Frischprozess zu liefern vermochte.

Bis zu dieser Erfindung der Herstellung des Schmiedeeisens auf dem Wege des Puddelns hatte man die nach dem alten Verfahren einzeln im Schmiedefeuer fertig gestellten Blöcke entweder mit der Hand oder mit Hilfe eines mit einem Wasserrade betriebenen etwas grösseren

Digitized by Google

Hammers ausgehämmert. Daher finden wir an älteren Schmiedeeisenarbeiten niemals völlig glatte Oberflächen, indem die einzelnen Hammerschläge an ihnen zu erkennen sind, selbst wenn sie z. B. aus Bandeisen bestehen, dessen Oberfläche doch heute so glatt wie poliert hergestellt wird.

Die Massen Schmiedeeisen, die der Puddelofen lieferte, waren nach diesem alten Verfahren des Hämmerns überhaupt nicht mehr zu bewältigen. Und so führte Cort auch das Walzen des Schmiedeeisens ein. Er gab also den Blöcken, wie sie die Öfen liefern, die gewünschte Form, indem er sie im glühenden Zustande zwischen Walzen (siehe Figur 20) durchquetschte.



Figur 20.

Laufen beide Walzen dicht aufeinander, und sind nur aus der oberen und der unteren entsprechende Stücke ausgeschnitten, so kommt man zu dem erwähnten Band- oder zu Quadrateisen, die, wenn diese Ausschnitte gut gearbeitet sind, völlig glatt ausfallen müssen. Schneidet man in die obere Walze den Kopf, in die untere den unteren Teil einer modernen Eisenbahnschiene ein, so liefert das Walzwerk diese. Lässt man ein Eisenstück zwischen zwei glatten Walzen, die in einer gewissen Entfernung von

Digitized by Google

einander stehen, durchpassieren, so nimmt es die Form eines Bleches etc. an. Das auf die Walzen rieselnde Wasser (siehe die Zeichnung) dient zu ihrer Kühlung.

Cort selbst hat für sich, wie so viele grossen Erfinder, keinen materiellen Erfolg von seinen den Kulturfortschritt so mächtig fördernden Ideen und Arbeiten gehabt. Indem die zahlreichen zu ihrer Durchführung nötigen Versuche seine Mittel verschlangen, ist er schliesslich im Elend gestorben.

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hatte James Watt auch bereits seine Dampfmaschine erfunden. Ihre Arbeitsleistung war aber noch eine sehr beschränkte, weil er den für ihren Betrieb nötigen Dampf nur in gusseisernen Kesseln, die man damals noch nicht sehr gross herzustellen verstand, erzeugen konnte. Erst als der Walzprozess gleichmässige grosse schmiedeeiserne Bleche lieferte, änderte sich das.

Aus ihnen, an deren Stelle heute bereits Stahlbleche getreten sind, kann man natürlich beliebig grosse Kessel zusammennieten, in diesen infolgedessen sehr viel Dampf entwickeln, und mit ihrer Hilfe nun die grössten Maschinen in Bewegung setzen.

Zu Anfang des Jahrhunderts beginnt auch gleich das Bestreben, fahrende Dampfmaschinen an Stelle von Pferden zu verwenden. Wie erwähnt, lagen die englischen Bergwerke meist in der Nähe von Flüssen, und um ihre grossen Lasten leicht an diese bringen zu können, waren seit langem mit Holz belegte Fahrbahnen im Gebrauch. Man hatte in den Boden Querschwellen gelegt, und diese durch lange Hölzer zu einem System vereinigt.

Um nun die Langhölzer selbst, zwischen denen die Pferde gingen, nicht immer wieder erneuern zu müssen, benagelte man sie mit Brettern, die wenn sie durch das Fahren der auf ihnen laufenden Räder zerstört waren, durch neue ersetzt wurden.

Im Jahre 1767 trat dann eine ganz ausserordentliche Krisis im Eisengewerbe ein, die schliesslich Roheisen geradezu unverkäuflich machte. Ein grosses Werk, das

Digitized by Google

bald einen bedeutenden Vorrat an ihm hatte, liess nun einen Teil von ihm in längliche Platten giessen, um ihn, bis er wieder verkäuflich sein würde, nicht ganz nutzlos liegen zu lassen, und damit, an Stelle der Bretter, den hölzernen Strassenunterbau benageln; und dieser war hierdurch in den ersten Schienenweg, wie wir solche Anlage heute nennen, verwandelt.

Der Versuch bewährte sich ausgezeichnet. Die Pferde zogen weit grössere Lasten auf dieser glatten Unterlage als auf den ehemaligen Brettern, und die Abnutzung des Eisens war fast verschwindend. Nach Beendigung der Krisis blieb nicht nur dieser erste Schienenweg bestehen, sondern auch alle anderen Werke gingen allmählich zu dieser Einrichtung über.

Damit war im wahren Sinne des Wortes die Unterlage für Dampfwagen gegeben. Die erste auch für die Beförderung von Menschen wirklich brauchbare Lokomotive hat ja dann Stephenson gebaut.

Wenn man in der englischen Patentlitteratur jener Zeit die Unsumme der missglückten Vorschläge und sich daran knüpfenden Versuche verfolgt, die sich auf Dampfwagen beziehen, begreift man um so mehr die Hochachtung der Zeitgenossen vor diesem Erfinder, der auf einem so viel bearbeiteten und so schwierigen Gebiete endlich das Richtige traf.

Waren nach Erfindung des Puddelprozesses nunmehr sowohl Gusseisen wie Schmiedeeisen leicht zugänglich geworden, so lagen die Verhältnisse beim Stahl also hinsichtlich der in Bezug auf ihre Brauchbarkeit wertvollsten Form des Eisens noch immer sehr ungünstig.

Durch den Puddelprozess Stahl aus Roheisen zu erzeugen, ist ebenso schwierig, wie beim alten Frischprozess, obgleich theoretisch dem auch hier nichts im Wege steht, denn man brauchte mit dem Puddeln ja nur aufzuhören, wenn das Eisen noch für Stahl genügend Kohlenstoff enthält, aber wie gesagt, das gelingt nur schwer.

Man hatte jedoch schon zu Anfang vorigen Jahrhunderts, also lange vor dem Puddelprozess, in Nord-

Digitized by Google

frankreich eine neue Stahlbereitung erfunden, deren Produkt den Namen Cementstahl führt. Die erste wirklich wissenschaftliche Arbeit über diesen liegt von Réaumur vor, der damals lebte, aber nur infolge seiner Thermometerskala so allgemein bekannt geblieben ist.

Wenn es gelingt ins Schmiedeeisen so viel Kohlenstoff hineinzubringen, dass der Gehalt an ihm von $^1/_2$ auf etwa $1^1/_2$ Prozent steigt, muss dieses in Stahl übergehen, wie wir im Anschluss an unsere zu Anfang gegebene Übersicht voraussagen können, und auf diesem Prinzip beruht die Cementstahlbereitung.

Für dieselbe packt man heutzutage schmiedeeiserne Stäbe zwischen Holzkohlenpulver in Kasten aus feuerfestem Thon, welche etwa 8000 Kilo von ihnen fassen, setzt mit diesen in passender Weise einen Flammofen aus, und erhitzt sie 6—8 Tage lang auf etwa 1000°. Dann tritt ein allmähliches Wandern des Kohlenstoffs ins Eisen ein, das dadurch in Stahl übergeht.

Sehr gleichmässig kann der Stahl aber nicht sein, denn die äusseren Teile der Stäbe werden kohlenstoffreicher als die inneren werden. Dem suchte man dadurch abzuhelfen, dass man sie hernach tüchtig unter dem Hammer durcharbeitete. Seit 1811 wird Cementstahl auch in Deutschland erzeugt.

Einen wirklich gleichmässigen Stahl, der bis auf den heutigen Tag nicht mehr übertroffen worden ist, erfand dann der englische Uhrmacher Huntsmann im Jahre 1730. Mit der Anfertigung von stählernen Uhrfedern beschäftigt, zerbrachen ihm, wie jedem anderen, ein grosser Teil von ihnen während der Fabrikation infolge der ungleichmässigen Beschaffenheit des Cementstahls, aus dem er sie herstellen wollte. Mit Versuchen zu dessen Verbesserung beschäftigt, fand er schliesslich, dass sich kleine Quantitäten Cementstahl im schärfsten Ofenfeuer in Tiegeln umschmelzen lassen.

Verständlich für uns ist das ja. Eisen mit 2,3 Prozent Kohlenstoff schmilzt verhältnismässig leicht, warum soll

Digitized by Google

es da nicht gelingen, auch kohlenstoffärmeres Eisen, wenn nur die Hitze genügend hoch ist, einzuschmelzen.

Der von Huntsmann erfundene Gussstahl ist als geschmolzen gewesene Masse von ganz gleichmässiger Beschaffenheit, und ein Material, das in vielen Beziehungen durch kein anderes vertreten werden kann. Das Verfahren Huntsmanns blieb Geheimnis einiger englischen Fabriken, und sie forderten für ihren Stahl geradezu Phantasiepreise. Bezahlt wurden sie, da ein ebenso geeignetes Material für manche Zwecke sonst in der Welt nicht existierte. Natürlich gab man sich vielerwärts Mühe mit der Lüftung des Geheimnisses dieser englischen Stahlbereitung. Mit zähester Konsequenz arbeitete in dieser Hinsicht der Begründer der Kruppschen Eisenwerke, und wenn er auch die volle Lösung des Problems nicht mehr erlebte, sein Sohn produzierte schon tadellosen Gussstahl, der schliesslich dieses Werk zum grössten Eisenwerk auf der ganzen Erde machen sollte.

Gussstahl dieser Art, den man als Tiegelgussstahl bezeichnet, lässt an sich nichts zu wünschen übrig, aber teuer musste er durch die grosse Zahl der zu seiner Herstellung nötigen Prozesse bleiben, denn zu seiner Darstellung muss doch das Roheisen erst im Puddelofen möglichst entkohlt werden, um in Schmiedeeisen verwandelt zu sein. Dieses ist dann eingepackt in Kohlepulver in vieltägiger Glut rückzukohlen, um in Cementstahl überzugehen, worauf der so erhaltene Cementstahl noch im schärfsten Feuer in Tiegeln umzuschmelzen ist.

Billigen Stahl, welcher dem Tiegelgussstahl ziemlich nahe kommt aber nur rund ein Zehntel seiner Herstellungskosten erfordert, verschaffte der Welt erst Bessemer seit dem Jahre 1856. Sein Verfahren führt das flüssige Roheisen „ohne Brennmaterialverbrauch“ in Gussstahl über. Während ein Puddelofen etwa 3000 kg Roheisen in 24 Stunden unter Aufwand von viel Kohlen in Schmiedeeisen verwandelt, leistet der Bessemer-Prozess dessen Überführung in schmiedbares Eisen in Stahl in 15 Minuten.

Zu diesem Zwecke bringt Bessemer das geschmolzene

Digitized by Google

Roheisen in ein birnförmiges Gefäss, dessen Boden mit einer Reihe von Düsen versehen ist. Das Gefäss selbst wird aus Blechplatten zusammengenietet, und damit diese der hohen Temperatur, die das Verfahren mit sich bringt, zu widerstehen vermögen, wurde es gänzlich mit einem möglichst feuerfesten Stein, der fast aus reiner Kieselsäure bestand, ausgefüttert.

In die auf die Seite geneigte Birne lässt man sodann das zur Stahlbereitung bestimmte geschmolzene Roheisen laufen, und während sie aufgerichtet wird, presst man bereits durch die Düsen im Boden der Birne mittelst eines Gebläses Luft ein. Sogleich beginnt der durch den Gehalt des Roheisens an Kohlenstoff in die Birne gelangte Kohlenstoff, welcher also schon auf die Temperatur des geschmolzenen Roheisens erhitzt ist, in der furchtbaren Glut zu verbrennen[1]), und die hierdurch erzeugte Hitze, die zwischen 1800° und 2000° beträgt, genügt um das Bad für die Zeit, die der Prozess erfordert, geschmolzen zu erhalten, woher also ein besonderer Brennmaterialverbrauch bei dieser Verwandlung von Roheisen in Stahl nicht stattfindet. Nach

Figur 21.
A Luftzuführung

1) und auch das Silicium, ein dem Kohlenstoff sehr ähnliches Element, verbrennt unter sehr grosser Hitzeentwickelung. Es kommt im Hochofen in das Eisen, indem bei dessen hoher Temperatur auch ein wenig Kieselsäure, welche aus Silicium und Sauerstoff besteht, zu Silicium reduziert wird, das sich im Eisen auflöst.

Digitized by Google

etwa zehn Minuten ist der Kohlenstoff bereits völlig verbrannt, und der Inhalt der Birne wäre eine wertlose Eisensorte, wenn man jetzt nicht wieder ein Quantum Roheisen zugeben würde, welches so berechnet ist, dass sein Gehalt an Kohlenstoff genügt, damit das dadurch in der Birne entstehende Gemisch von ihm und dem völlig entkohlten Eisen, die dem Stahl entsprechende Menge Kohlenstoff enthält.

Das nachträglich zur Rückkohlung zugegebene Eisen wählt man absichtlich reich an Mangan, ein dem Eisen ähnliches Element, welches den Prozess aus Gründen, auf die wir hier nicht eingehen können, sehr günstig beeinflusst. Weil ein Roheisen, das manganhaltig ist, wenn es zerbrochen wird, auf der Bruchfläche stark spiegelt, heisst solches speziell Spiegeleisen, welchem Namen man öfters begegnet.

Es giebt übrigens heutzutage Hüttenwerke, die reines Mangan fabrizieren, das dann ebenfalls seine Verwendung im Bessemerprozess findet, indem es an und für sich sonst bisher industriell kaum verwertbar ist.

Das Bessemerverfahren gestattete nun seit dem Jahre 1856 auch eine Massenfabrikation von billigem Stahl, indem der Einsatz einer Birne zwischen 10000 und 16000 Kilo Roheisen beträgt, das also in einer viertel Stunde in Stahl verwandelt ist. Lässt man das geschmolzene Eisen direkt aus dem Hochofen in die Birne laufen, verwandelt es hier in Stahl, und walzt den glühend flüssig aus der Birne erhaltenen Stahl, sobald er genügend abgekühlt ist, zu Schienen aus, wie es auf vielen Werken geschieht, „so erfordert sogar die Verwandlung des Roheisens in die fertige Stahlschiene keinen Brennmaterialaufwand mehr", sondern die dem Hochofen entstammende Hitze genügt für ihre Herstellung.

Im Anschluss an den Bessemerprozess haben wir nun die Entphosphorung des Eisens zu besprechen, welche den Stahl noch weiter verbilligen sollte.

In der Natur finden sich in grösster Menge Eisenerze, die etwas Phosphor enthalten. Das aus ihnen erschmolzene, infolgedessen phosphorhaltige Roheisen erweist

Digitized by Google

sich, wenn der Phosphorgehalt nicht fast verschwindend klein ist, als von ganz schlechter Qualität, so dass höchstens die gröbsten Gusswaren, von denen eine eigentliche Haltbarkeit nicht verlangt wird, wie Grabgitter und ähnliches aus ihm hergestellt werden können. Dagegen ist an eine Weiterverarbeitung auf Stahl oder Schmiedeeisen gar nicht zu denken, weil diese infolge grosser Brüchigkeit geradezu unbrauchbar sein würden.

Dass der Phosphor Ursache dieses Verhaltens ist, erkannte man aus den chemischen Analysen solchen Roheisens zwischen 1830 und 1840. Man erkannte auch schon damals, dass es kein Mittel giebt im Hochofenprozess den mit den Erzen hineinkommenden Phosphor vom Eisen fernzuhalten, wie das auch bis heute der Fall ist. So unendlich viel seitdem über die Entphosphorung gearbeitet worden ist, ein erwähnenswerter Erfolg wurde nie erzielt, bis Thomas und Gilchrist die Frage endgültig und in genialster Weise lösten.

Zahlreiche Versuche hatten speziell gezeigt, dass durch den Bessemerstahlprozess, wie ihn der Erfinder angegeben hat, z. B. sich nicht eine Spur Phosphor aus dem Eisen herausbringen lässt. Aller Phosphor, den das verwendete Roheisen enthält, kommt daher bei ihm ohne die geringste Verminderung in die Stahlblöcke, resp. in die aus diesen dargestellten Eisenbahnschienen, Axen, Bandagen etc. Für Schienen konnte man noch einen Phosphorgehalt von 0,1 bis höchstens 0,2 Prozent dulden, für alle sonstigen Verwendungen ist aber schon der zehnte Teil dieser Menge ganz unzulässig.

Für den alten Bessemerprozess, der also auf phosphorfreie Erze angewiesen ist, findet sich nun das Rohmaterial, soweit es europäische Interessen berührt, nur in den völlig phosphorfreien Roteisensteinen von Cumberland und Westmoreland an der Westküste Nordenglands, sowie in Spanien, Algier, Schweden, Steiermark und im Siegener Land.

Daher machte es in den betreffenden Kreisen ungeheures Aufsehen, als es im Jahre 1879 auf dem grössten in Cleveland, also an der englischen Ostküste, an welcher es phosphorfreie Eisenerze nicht giebt, gelegenen Eisen-

Digitized by Google

werk von Bolckow, Vaughan & Co. gelang, phosphorhaltiges Roheisen in der Bessemerbirne in phosphorfreien Stahl zu verwandeln.

Bis zur Erfindung des Bessemerprozesses hatte man für die Eisenbahnen nur schmiedeeiserne Schienen verwenden können, weil stählerne einfach nicht zu beschaffen waren. Das änderte sich aber hernach völlig. Die nach Bessemers Verfahren so billig und in den grössten Mengen herstellbaren Stahlschienen haben heute die ehemaligen Eisenschienen bereits ganz verdrängt, weil ihre Haltbarkeit eine so sehr viel grössere ist.

So entwickelte sich denn in Cumberland, also an der Westküste Englands, gestützt auf die heimischen phosphorfreien Erze eine gewaltige Stahlschienenindustrie aus Bessemerstahl, während man sie in Cleveland, weil die dortigen Erze wegen ihres Phosphorgehaltes sich für diese Art der Stahlgewinnung nicht eignen, nicht betreiben konnte. Und die Herstellung von schmiedeeisernen Schienen, die aus den Cleveländer Erzen, deren Phosphorgehalt ein recht geringer ist, möglich ist und ehemals erfolgte, musste aufgegeben werden, weil ihre Verwendung allmählich aufhörte, indem die Eisenbahnen sich immer mehr den Stahlschienen zuwandten.

So entschloss sich die erwähnte an der Ostküste Englands gelegene Fabrik denn, um auch ihrerseits weiter Schienen produzieren, und die einmal vorhandenen grossen Einrichtungen ausnutzen zu können, sich spanische vollkommen phosphorfreie Erze kommen zu lassen. Aus ihnen stellte sie jetzt das Roheisen für Bessemerstahl dar, und hatte mit diesem Unternehmen den grössten Erfolg.

Das veranlasste sie aber nicht mit dem Erreichten zufrieden zu sein, sondern auch nach dieser Zeit wurde unentwegt weiter an der Lösung der Aufgabe gearbeitet, die reichlich vorhandenen, fast vor der Thüre liegenden heimischen Erze für den Bessemerprozess verwendbar zu machen. Und das gelang auf diesem Werke den schon genannten Technikern schliesslich in folgender Art:

Wir hoben hervor, dass Bessemer seine Birnen, um

Digitized by Google

ihnen die nötige Haltbarkeit in der Hitze zu geben, mit einem möglichst feuerfesten Material ausfütterte, das sehr kieselsäurereich also im chemischen Sinne sauer ist. Thomas und Gilchrist fütterten nun im Gegensatz dazu die Birne mit basischen, und zwar stark kalkhaltigen Ziegeln aus. Ausserdem gaben sie mit dem Roheisen zugleich reichlich Kalk also basisches Material in die Birne.

In der hohen in der Birne herrschenden Temperatur verbrennt der Kohlenstoff des Roheisens, wie wir sahen, und ebenso natürlich auch der Phosphor, und zwar dieser zu Phosphorsäure. Während diese Säure nun früher aus dem Bade nicht herauskonnte, vermag sie sich jetzt mit dem zugegebenen Kalk und mit dem basischen Futter zu verbinden, indem sie mit ihm phosphorsauren Kalk bildet.

Damit erwies sich die Frage der Entphosphorung des Eisens in der Bessemerbirne als gelöst. Das phosphorhaltige Roheisen giebt phosphorfreien Stahl, indem also sein Phosphorgehalt als Phosphorsäure von dem basischen Futter festgehalten wird.

Dieser phosphorsaure Kalk ist im gemahlenen Zustande das sogenannte Thomasphosphatmehl (siehe Seite 42), mit dem die Landwirte ihre Wiesen düngen. So wird der ehemals so störende Phosphor jetzt in dieser Form gar noch verkäuflich, und trägt seinerseits zu der so ausserordentlichen Verbilligung des Stahles bei. Dazu kommt, dass an und für sich phosphorhaltige Eisenerze billiger als phosphorfreie sind, weil sie an vielen Orten der Erde besonders leicht zu gewinnen sind. Ja man nimmt an, dass neunzig Prozent von sämtlichen Eisenerzlagern ihres hohen Phosphorgehaltes wegen für den alten sauren Bessemerstahlprozess nicht tauglich sind. Dazu kommt ferner, dass das Thomasverfahren gestattet, sehr kohlenstoffarme schmiedbare Eisensorten herzustellen, welche mehr an Schmiedeeisen als an Stahl erinnern, die man also besser als Flusseisen wie als Flussstahl bezeichnen wird, sodass es zugleich ein Concurrenzverfahren für den teurer arbeitenden Puddelprozess, den eigentlichen Schmiedeeisenlieferanten, geworden ist.

Man glaube nun nicht, dass das Verfahren den glück-

Digitized by Google

lichen Entdeckern, wie es nach dem Mitgeteilten scheinen kann, in den Schooss gefallen ist. Ganz im Gegenteil, es war die Frucht jahrelanger Arbeiten und jahrzehntelanger Bestrebungen. Erforderte doch allein die Herstellung der zur Ausfütterung der Birne notwendigen genügend feuerfesten basischen Ziegel viele Jahre Arbeit und grossen Geldaufwand, ohne dass man wissen konnte, ob sich die Anschauung, der zu Liebe sie sich mit der Beschaffung dieses Materials abmühten, auch im grossen als ausführbar erweisen würde.

Weil eben die meisten epochemachenden Erfindungen Produkte allgemeiner langjähriger Bestrebungen und in der Regel nicht die Gedankenblitze einzelner sind, pflegen gewöhnlich nach ihrem Bekanntwerden Prioritätsstreitigkeiten um sie auszubrechen. So ist die Idee basisches Futter in der Bessemerbirne zur Entphosphorung zu verwenden, schon in den sechziger Jahren aufgetaucht und 1875 und nochmals 1878 ausführlich in der einschlägigen Litteratur verschiedener Länder hin und her erwogen worden. Dabei schien es sich um unausführbare Projekte zu handeln, während schon 1879 die Frage also in England auf diesem Wege gelöst wurde.

Wir kommen jetzt zur Verwandlung von Gusseisen in schmiedbares Eisen auf dem Wege des Temperns. Viele Gegenstände, wie z. B. jene zahlreichen kleinen Winkel und T-Stücke, welche Gasleitungen in den Wohnräumen erfordern, ferner Schlüssel oder Fenster- und Thürbeschläge etc. aus Schmiedeeisen herzustellen, ist eine schwierige und darum teure Arbeit. Man bedient sich deshalb zur Herstellung dieser nicht übermässig dicken Gegenstände des Temperns, das in folgendem besteht. Man stellt diese kompliziert geformten Sachen auf dem bequemen Wege des Giessens her, und packt sodann die gusseisernen Stücke zwischen Eisenoxyd, als welches natürliches Eisenerz dient, in feuerfeste Kasten, in welchen man sie mehrere Tage auf Rotglut erhitzt. Während dieser Zeit wirkt der Sauerstoffgehalt des Oxyds auf den Kohlenstoffgehalt der gusseisernen Formstücke ein, und indem

Digitized by Google

er diesen verbrennt, werden die Gussstücke so arm an Kohlenstoff, dass sie bei der Wiederherausnahme aus den Kästen die Eigenschaft des schmiedbaren Eisens zeigen, jetzt nach Art von diesem bearbeitet werden können.

Ausserdem lässt sich noch eine ganz andere Methode der Stahlbereitung denken. Gusseisen hat über 2,3 Prozent Kohlenstoff, Schmiedeeisen etwa $^1/_2$ Prozent, wenn man diese beiden zusammenschmilzt, muss man bei passend gewähltem Mischungsverhältnis doch ein Mittelprodukt (siehe Seite 253) erzielen können, welches je nach dem Kohlenstoffgehalt, den es schliesslich enthält, als Flussstahl oder Flusseisen zu bezeichnen sein wird.

Die Schwierigkeit in der Übertragung dieser Idee auf die Fabrikpraxis bestand darin, dass man lange Zeit keinen Flammofen herzustellen wusste, dessen Temperatur genügte, damit sich bei ihr das in jedem Ofenfeuer für sich allein unschmelzbare Schmiedeeisen im geschmolzenen Gusseisen auflöste, um mit ihm zu Stahl zusammenzutreten.

Zuerst hat solchen sogenannten Flussstahl der Franzose Martin erschmolzen. Öfen, in denen er mit Leichtigkeit herstellbar ist, hat aber Siemens erst im Jahre 1885 angegeben.

Wir erwähnten beim Puddeln, dass dieser Prozess seit Corts Erfindung ziemlich unverändert geblieben ist und nur noch hinsichtlich der Feuerung der Öfen Abänderungen eingetreten sind. Cort konnte für seine Flammöfen, in denen das vom Rost aus hineinschlagende Feuer die nötige Hitze geben soll, nur jene sehr gute und deshalb teure Sorte von Steinkohlen, die mit langer Flamme brennen, brauchen. Jetzt feuert man dagegen mit Gas, welches man an Ort und Stelle in sogenannten Generatoren erzeugt.

Für die Zwecke einer Gasfeuerung schüttet man Brennmaterial, das durchaus nicht gut zu sein braucht, sehr

Digitized by Google

hoch auf einem Roste auf. Infolge der hohen Lage bekommt der Kohlenstoff durch die Roststäbe hindurch lange nicht genügend Luft zur vollständigen Verbrennung, und so entweicht aus diesem „Generator“ nicht Kohlensäure, sondern das brennbare Kohlenoxydgas (siehe Seite 256) nebst anderen brennbaren Gasen, die sich in der Hitze aus dem Heizmaterial entwickeln, und aus Luftmangel ebenfalls nicht gleich verbrennen können, wie wir das in der Anmerkung auf Seite 260 genauer erklärt haben. Aber mit diesen brennbaren Gasen mit geht der ganze Stickstoff, der mit der Luft durch die Roste in den Ofen tritt.

Das eben ist der grosse Unterschied zwischen solchem Generatorgas und dem Leuchtgas, welches letztere durch Erhitzen von Kohle, die sich in der Retorte befindet, also unter Ausschluss der Luft erhalten wird (siehe Seite 28), daher frei von Stickstoff ist, und nur aus brennbaren Gasen besteht.

Die aus dem Generator kommenden heissen Gase werden sofort im Flammofen durch zugeführte Luft verbrannt.

Die bedeutendste Vervollkommnung wiederum der Gasfeuerung bestand dann in den Regeneratoren. Hatte das Gas im Ofen seine Arbeit gethan, so entwich es ehemals als glühendes verbranntes Gemisch in den Kamin. Mittelst dieser Vorrichtung wird aber seine Hitze jetzt festgehalten, regeneriert.

Man leitet hierzu das verbrannte Gas, das also seinen eigentlichen Zweck erfüllt hat, durch Kammern, die gitterartig mit feuerfesten Steinen ausgesetzt sind, und erst, nachdem es an diese seine Hitze möglichst abgegeben, sie also in hohe Glut versetzt hat, gelangt es in den Kamin. Diese glühenden Kammern sind die Regeneratoren.

Nachdem das Gas den Generator also den Ort seiner Herstellung verlassen hat, passiert es nämlich eine solche glühende Kammer, wird hierdurch natürlich in sich sehr viel heisser, und gelangt nun erst in den Flammofen, in welchem es auf die zur Verbrennung nötige Luft trifft. Aber auch diese Luft ist vorher mit Hilfe von Rohrleitungen durch einen glühenden Regenerator geführt

Digitized by Google

worden, und bringt ihrerseits ebenfalls dessen Wärme in den Ofen zurück.

Da man mit Hilfe von Schiebern die Regeneratorkammern ein- und auszuschalten vermag, kann man sie abwechselnd erhitzen, sodass ununterbrochen glühende Kammern zum Vorwärmen des Gases und der Luft vorhanden sind, und solche, die soeben ihre Wärme hergegeben haben, neuerdings erhitzt werden können. Die Brennmaterialersparnis gegen die alte Methode der direkten Feuerung beträgt etwa 40 bis 50 Prozent.

Jedoch auch in solchen mit Generatoren und Regeneratoren ausgestatteten Flammöfen gelingt es kaum Flussstahl oder Flusseisen, so nennt man also nach der schliesslichen Beschaffenheit die erhaltene Sorte, herzustellen. Dies ermöglichte erst die Freiflammführung von Siemens. Aus theoretischen Gründen über die Natur der Flamme kam er zur Anschauung, dass sie, wenn sie ihre volle Hitze entwickeln soll, nicht an Wände schlagen dürfe, sondern nach Art einer riesigen Zunge in den Flammöfen brennen müsse.

Man hatte bis dahin, d. h. bis zum Jahre 1885, die Grösse der Flammöfen stets so bemessen, dass die Flamme sie möglichst erfüllte, jetzt baute er sie entsprechend grösser, und der Erfolg ist ein geradezu überraschender. Die Temperatur in den Öfen ist eine so hohe, dass selbst die besten feuerfesten Steine sie kaum ertragen, und in ihnen lässt sich nun auch mit verhältnismässiger Leichtigkeit der Flussstahl oder das Flusseisen herstellen. Auch bei dem Siemens-Martinprozess hatte man ursprünglich mit saurem Ofenfutter gearbeitet. Hernach ist man aber auch hier zu basischem Futter übergegangen, und verarbeitet phosphorhaltiges Rohmaterial, das im Prozess zugleich entphosphort wird. Das auf dem Wege des basischen Siemens-Martinprozesses gewonnene Flusseisen ist nun von so vorzüglicher Beschaffenheit namentlich so ausgezeichnet schweissbar, dass in ihm dem auf dem Wege des Puddelns gewonnenen eigentlichen Schmiedeeisen im alten Sinne eine noch weit gefährlichere Konkurrenz als

Digitized by Google

durch den Thomasprozess (siehe Seite 276) erwachsen ist. Zumal nun bei der Herstellung dieses Flusseisens altes Gusseisen und altes Schmiedeeisen mitverwendet werden können, resp. so viel von diesen zu haben ist, im Flammofen mit eingeschmolzen werden kann, ist diese in ihrer Beschaffenheit so vorzügliche Eisensorte ganz besonders billig herstellbar. Wie weit das sich teurer stellende Puddeln durch diese beiden neuen Errungenschaften verdrängt werden wird, kann nur die Zeit entscheiden.

Damit haben wir denn die Entwickelung der Eisenindustrie bis in unsere Tage kennen gelernt.

Die Gewinnung anderer Metalle wie die des Kupfers, Bleis, Nickels etc. kommt schliesslich immer ebenfalls darauf hinaus, wie schon Seite 252 erwähnt wurde, die in der Natur vorkommenden Erze in Metalloxyde zu verwandeln und diese durch Kohle zu reduzieren. Eine gewisse Ausnahme machen nur das Zink und das ganz neuerdings erst massenhaft fabrizierte Aluminium, die wir beide deshalb besprechen wollen.

Den Schmuck vieler älteren Gebäude, wie Kirchen und Schlösser bilden ihre schön patinierten Kupferdächer. Wenn wir heute Metallplatten zu Bedachungen verwenden, und das geschieht viel mehr als früher, nehmen wir aber nicht mehr Kupferplatten, sondern fast immer Zinkbleche, die allerdings schliesslich unansehnlich grau werden, und zwar thun wir es wegen der sehr viel grösseren Billigkeit der letzteren. Man hat sie früher hierfür deshalb nicht brauchen können, weil man seit nicht ganz hundert Jahren sie überhaupt erst herzustellen versteht.

Der Grund dafür, dass man das metallische Zink und damit die Zinkbleche so spät kennen lernte, ist folgender. Erhitzt man Zinkoxyd mit Kohle, so tritt wohl Reduktion des Oxyds zu Metall ein, es bildet sich Zink und Kohlenoxyd, aber die Temperatur, bei der diese Umsetzung eintritt, liegt so hoch, dass das Zink, infolge seiner verhältnismässigen Leichtflüchtigkeit bei ihr bereits gasförmig ist. Erhitzt man also Zinkoxyd mit Kohle in einem der

Digitized by Google

sonst für die Metallreduktion üblichen Öfen, so wird sehr bald Zink dampfförmig entweichen, in der Hitze verbrennt es aber gleich wieder zu Zinkoxyd, kurzum man erhält auf diese Art gar kein Metall.

So kam denn erst Mitte des vorigen Jahrhunderts seine Gewinnung in Europa in Gang — die Chinesen scheinen sie früher gekannt zu haben — als man Zinkoxyd mit Kohle nicht mehr offen im Ofen, sondern in einer Retorte also in einem geschlossenen Raume durch Aussenfeuerung erhitzte. In ihr kann der entstehende Zinkdampf dann ja nicht verbrennen, und so gewinnt man das Zink als ein aus der Retorte herausdestillierendes Metall. Es dauerte aber noch bis zum Anfang dieses Jahrhunderts, dass man aus diesem an sich recht spröden Zink jene grossen Bleche herzustellen lernte, die heute so massenhafte Verwendung finden, und die hauptsächlich seine Industrie zu einer so ausgedehnten gemacht haben.

Das jüngste unter allen im täglichen Leben Verwendung findenden Metallen, das Aluminium, zu dem wir jetzt übergehen, verhält sich nun ganz abweichend von den bisher besprochenen. Es ist dasjenige Metall, das wohl am allermeisten auf Erden vorkommt. Seine Sauerstoffverbindung, sein Oxyd heisst von Alters her bei den Chemikern Thonerde, und der Name Aluminium hängt mit Alaun (lat. Alumen) zusammen, weil man seit langem weiss, dass Alaun (siehe auch Seite 141) eine Verbindung der Thonerde, nämlich ein Doppelsalz, schwefelsaure Kali Thonerde ist.

Auch wissen wir ja, dass aller Thon (siehe Seite 216) kieselsaure Thonerde oder noch ausführlicher jetzt bezeichnet kieselsaures Aluminiumoxyd ist. Jeder Ziegel enthält daher reichlich Aluminium, und jeder Topfscherben wäre von immerher ein Rohmaterial — ein Erz — für Aluminium gewesen, wenn das Aluminiumoxyd nach Art anderer Metalloxyde durch Kohle reduzierbar wäre. Das ist aber nicht der Fall, ja diese Methode ist hier geradezu ausgeschlossen, indem das Verbindungsbestreben des

Digitized by Google

Sauerstoffs zum Aluminium grösser als zur Kohle ist, so dass Kohle das Oxyd nicht zu zerlegen vermag.

Nun kann man im Laboratorium Metalle nicht nur auf dem Wege der Reduktion ihrer Oxyde durch Kohle gewinnen. Es giebt dafür auch andere allerdings viel kompliziertere Methoden, und nach einer solchen ist Aluminium zuerst 1827 erhalten worden. Seit Anfang der fünfziger Jahre hat man dann ununterbrochen irgend eines der Laboratoriumsverfahren für die Praxis brauchbar zu machen gesucht.

Die ersten sehr grosse Mittel beanspruchenden Versuche in der Beziehung liess Napoleon der dritte anstellen. Es war die Zeit vor dem Krimkriege, und er hoffte damals seine Soldaten mit dem leichten Metall panzern zu können. Auf diesen Versuchen ist dann weiter gebaut worden, aber Aluminium wäre auf diesem Wege, bei dem es sich um rein chemische Methoden handelte, schwerlich je sehr billig geworden, wenn nicht ein anderes bis vor wenigen Jahren recht kostspieliges Agens, nämlich die „Elektrizität", die im Laboratorium seit langem ebenfalls zur Metallgewinnung benutzt wurde, plötzlich in grösster Fülle und billig zu haben gewesen wäre.

Auch die Praxis verwendete die Elektrizität seit langem, aber nur zur Abscheidung einiger Metalle aus Lösungen für den Zweck, um weniger wertvolle Metalle mit wertvolleren zu überziehen, um sie also zu vergolden, vernickeln etc.

Für die Gewinnung von Metallen an sich war der Prozess zu teuer. Er wird bekanntlich Galvanoplastik genannt, und nach diesem Verfahren sind namentlich versilberte Waren seit den fünfziger Jahren in grösster Menge hergestellt worden. Die Kunst mittelst des elektrischen Stromes Metalle als festhaftende Masse auf anderen niederzuschlagen, war von Jacobi in Russland und Spencer in England fast gleichzeitig 1839 entdeckt worden, die darnach als Erfinder der Galvanoplastik zu bezeichnen sind. Bis zu diesem Jahre waren die elektrolytisch ausgeschiedenen Metalle immer nur in leicht zerbröckelnden Stücken erhalten worden.

Digitized by Google

Die Einwirkung der Elektrizität auf chemische Verbindungen ist, was wir hier nicht unerwähnt lassen wollen, schon recht lange untersucht. Priestley teilte bereits 1775 mit, dass das durch Reibungselektrizität also mittelst der Elektrisiermaschine erzeugte Feuer — es war das die einzige Elektrizitätsquelle, die man damals kannte — das Ammoniakgas zersetze. Wir wissen, Ammoniakgas ist eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff (siehe Seite 30). Lässt man also durch dasselbe elektrische Funken schlagen, so findet man hernach statt seiner ein Gemenge von diesen beiden Gasen. Wie hätte jemand damals ahnen können, dass diese Beobachtung etwa 120 Jahre später der Welt ein neues Metall, nämlich das Aluminium, zur Verfügung stellen sollte.

Im Jahre 1782 fand man dann, dass das elektrische Feuer auch das Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlege, und 1800 wurde konstatiert, dass nicht nur die Reibungselektrizität, sondern auch der zehn Jahre vorher entdeckte galvanische Strom dies vermöge.

Da der letztere bald mit Hilfe der sogenannten galvanischen Batterien nicht übermässig schwer zugänglich war, sich jedenfalls sehr viel bequemer handhaben liess, als das mit der Elektrisiermaschine erzeugte elektrische Feuer, studierte man die Einwirkung der Elekrizität auf chemische Verbindungen von da ab eifrig weiter, und im Jahre 1806 bereits wurde das auffällig leichte Metall Kalium aus einer Kaliumverbindung und bald auch das Metall Natrium aus einer Natriumverbindung mittelst „Elektrolyse“ zuerst hergestellt.

Damit lernte man zwei ganz neue sogenannte leichte Metalle kennen, die leichter als Wasser sind und solche Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, dass sie auf Wasser geworfen aufbrennen. Indem sie dem Wasser nämlich auf das eifrigste Sauerstoff entziehen, um sich mit ihm zu verbinden, wird die Hitze bald so gross, dass der Wasserstoff, den sie hierbei aus dem Wasser frei machen, — Wasser besteht doch aus Wasserstoff und Sauerstoff, — sich an der Luft anzündet, und sie mit in Brand setzt.

Eine Verwendung für sie im Leben erscheint damit

Digitized by Google

ausgeschlossen. Im Gegensatz zu ihnen ist nun das Aluminium, mit dem wir es hier speziell zu thun haben, wenn auch ein ebenfalls sehr leichtes Metall, doch an der Luft und im Wasser durchaus beständig und deshalb praktisch verwertbar.

Nach einer ganz unglaublichen Zahl missglückter Versuche erfolgt jetzt seine Darstellung mittelst des elektrischen Stromes in folgender leicht verständlichen Art, der man es nicht anmerkt, dass ihre Auffindung so unendliche Mühe gemacht hat, und die auch in der Beschreibung viel einfacher erscheint, als sich ihre Ausführung in der Wirklichkeit gestaltet. Thonerde also Aluminiumoxyd wird in ein geschmolzenes Gemisch von Kryolit (siehe Seite 213) und Flussspat, zwei sich in der Natur massenhaft findenden Mineralien, eingetragen, und in dieses Bad der elektrische Strom geleitet. Er zerlegt in diesem das Aluminiumoxyd in seine beiden Bestandteile, das Aluminium, welches sich im geschmolzenen Zustande am Boden des Gefässes ansammelt, und den Sauerstoff, welcher gasförmig entweicht, womit die Aufgabe das Aluminium als Metall zu gewinnen, gelöst ist.

Digitized by Google

XII. Vortrag.

Legierungen. Münzen. Bronze. Patina. Messing. Tombak. Talmigold. Neusilber. Alfénide. Brittanniametall. Letternmetall. Nickelstahl.

Alkaloide. Morphium. Methan. Acetylengas. Benzol. Pyridin. Coniin. Chinolin. Kairin. Antipyrin. Phenacetin. Narcotika. Chloral. Äther. Hoffmanns Tropfen. Chloroform. Antiseptica. Jodoform. Karbolsäure. Sublimat. Salicylsäure.

Metalle werden nicht nur als solche verwendet, sondern man stellt auch durch Zusammenschmelzen mehrerer von ihnen die Legierungen her, deren Eigenschaften für manche Zwecke wertvoller als die der einzelnen Mischungsbestandteile sind.

Täglich gehen uns z. B. jene Metalllegierungen durch die Hände, die zu Münzen verwendet werden. Sowohl reines Gold wie reines Silber sind verhältnismässig weich, sie würden sich im Verkehr zu rasch abnutzen. Ältere Münzen würden daher hinter frisch geschlagenen sehr bald stark im Metallwert zurückstehen, was jetzt nur in sehr geringem Masse der Fall ist. Deshalb mischt man sowohl dem Golde wie dem Silber Kupfer bei. Hierdurch erhält man, wie die Erfahrung gelehrt hat, eine für den Münzverkehr genügend harte Legierung.

Die Mischung unserer deutschen Goldmünzen wird aus 900 Teilen Gold und 100 Teilen Kupfer zusammengeschmolzen. Da nun 0,3584 Gramm Gold unter dem Namen Mark unsere Münzeinheit bilden, wiegt ein Zehnmarkstück 3,982 Gramm (3,584 Gr. Gold + 0,398 Gr. Kupfer).

Desgleichen werden unsere Silbermünzen aus 900 Teilen Silber und 100 Teilen Kupfer zusammengeschmolzen, und

Digitized by Google

zwar werden aus dem Kilo Silber 200 Mark in silbernen Münzen geprägt. Hierbei ist also (siehe Seite 247) auf den eigentlichen Wert des Silbers und seine Schwankungen keine Rücksicht genommen, wir haben Goldwährung. 1 Kilo Silber ist doch zur Zeit nur etwa 75 Mark wert.

Unsere Nickelmünzen sind eine Legierung aus 1 Teil Nickel und 3 Teilen Kupfer, und zwar sind im Zehnpfennigstück 1 Gramm Nickel und 3 Gramm Kupfer enthalten.

Unsere Kupfermünzen bestehen aus einer Legierung von 95 Teilen Kupfer mit 4 Teilen Zinn nebst 1 Teil Zink, und zwar wiegen 300 Zweipfennigstücke und 500 Einpfennigstücke je ein Kilo.

Die letzteren bilden für uns einen geeigneten Übergang zur Bronze und zum Messing.

Die Bronze[1]) ist nämlich eine Mischung aus Kupfer und Zinn, in der das Kupfer stets vorwiegt. Sie ist die älteste aller bekannten Metallmischungen. Bis zur Gewinnung des Eisens stellten die Menschen nach der Meinung der meisten Forscher alle Metallgeräte, die sie überhaupt brauchten, aus ihr her, weshalb man von der Bronzezeit spricht, während einzelne eine dieser Zeit vorausgehende Kupferperiode annehmen.

Sie wird auch heute noch in grössten Mengen gebraucht, und dient zu den verschiedenartigsten Zwecken. Nicht nur in Form von Kirchenglocken tönt sie mahnend durch das Land an das Gewissen des einzelnen, auch in Form von Kanonen, die erst seit einem Menschenalter durch solche aus Gussstahl anfangen ersetzt zu werden, redet sie ein gewichtiges Wort im Schicksal der Völker.

In der Hoffnung, die allerbeste Legierung gerade für den Kanonenguss zu finden, haben die verschiedensten Staaten endlose Versuche über diese Legierung anstellen

1) Das Wort Bronze soll nach den neuesten Forschungen eine Abkürzung von aes Brundusinum d. h. Metall von Brundusium (heute Brindisi) sein, so wie aes Cyprium, Metall von Cypern, der Ursprung des Wortes Kupfer ist.

Digitized by Google

lassen, und die Bücher, in den so ziemlich alles über sie denkbare abgehandelt wird, repräsentieren eine ganze Bibliothek.

Ihre ausgezeichnete Gussfähigkeit lässt sie auch zur Herstellung von Kunstwerken sehr geeignet erscheinen, und die grossen Reiterstandbilder aus Bronze z. B. zeigen, wie sicher sie für derartige Zwecke gehandhabt werden kann.

Dabei leiden diese Kunstwerke selbst im Freien nicht durch die Zeit, sondern sie erhalten im Gegenteil jenen schönen Edelrost, den man als Patina bezeichnet.[1]) Die Patina trägt, und das ist das besondere an ihr, mit ihrem malachitartigen Grün zugleich einen metallischen Charakter, der eigentümliche Metallglanz leuchtet bei ihr durch die Farbe noch durch. Damit steht sie im wesentlichen Gegensatz zum Anstrich, denn wenn man auch diesen z. B. durch einen Firnisüberzug glänzend machen kann, so sitzt hier der Glanz oben, nicht in der Tiefe.

Ebensogut wie mit Zinn lässt sich Kupfer mit Zink legieren. Diese Mischung nennen wir Messing, auch der Bedarf an ihr ist ein sehr grosser. Obgleich man das Zink (siehe Seite 282) erst seit dem vorigen Jahrhundert kennt, wusste man doch, dass wenn man beim Ausschmelzen des Kupfers aus seinen Erzen zugleich gewisse andere Erze, die man im Altertum Cadmia später Galmei nannte, zusetzt, das erhaltene Kupfer nachher nicht rot, sondern gelb aussieht. Unter Cadmia oder Galmei verstand man also zinkhaltige Erze, wie wir heute sagen. Schon Aristoteles berichtet etwa 330 Jahre vor Christus: In Indien wird Kupfer gefunden, welches sich vom Golde nur durch seinen Geschmack unterscheidet. Während man nämlich aus goldenen Bechern sehr gut trinken kann, haben alle kupferhaltigen Gerätschaften einen unangenehm

1) Werden in der Nähe von Bronzestandbildern viele Steinkohlen gebrannt, so stört die mit deren Russ, der an sich schon schädlich ist, in die Luft gelangende schweflige Säure (siehe Seite 185) allerdings die Patinabildung so sehr, dass sie jetzt oft überhaupt nicht mehr zu Stande kommt.

Digitized by Google

metallischen Geschmack, weshalb er dieses Mittel der Unterscheidung als für seine Zeit sehr passende analytische Methode empfahl.[1])

Messing kann bei passender Mischung der Metalle auch fast goldähnlich aussehen, und unter dem Namen Tombak sind Waren aus solcher Legierung im Handel. Durch Zugabe von Blei erhält es noch eine ganz besonders goldähnliche Farbe. So hergestelltes Messing ist aber an der Luft wenig beständig, indem es sich bald oxydiert und dadurch unansehnlich wird. Überzieht man es oder auch Tombak mit ein wenig Gold, so hat man das Talmigold.

Nicht unerwähnt wollen wir auch das „cuivre poli" lassen, obgleich es schon wieder anfängt unmodern zu werden. Cuivre poli ist ein Mittelding zwischen Messing und Bronze. Immerhin steht es der Billigkeit halber — Zink kostet jetzt nicht ganz ein Drittel so viel als Zinn — dem Messing sehr nahe, es ist, wie man will, eine stark zinkhaltige Bronze, oder ein schwach zinnhaltiges Messing.

Schmilzt man Kupfer, Zink und Nickel zusammen, so erhält man das Neusilber. Diese Legierung, die von 1820 bis 1860 etwa eine bedeutende Rolle spielte, ist durch die auf galvanischem Wege echt versilberten Waren wieder ganz in den Hintergrund gedrängt worden. Ursprünglich war Alfénide echt versilbertes Neusilber. Für solche Waren verwendete man aber bald als Unterlage wohlfeilere weisse Metallgemische, wie z. B. das Brittanniametall, welches aus 90 Teilen Zinn und 10 Teilen Antimon zusammengeschmolzen wird, das man aber heute durch noch billigere ersetzt.

---

1) Auch die Messinöken ein nordwärts wohnendes Volk, berichtet er, machen Kupfer durch Zusammenschmelzen mit einer Erde, die also ebenfalls ein Zinkerz gewesen sein muss, goldgelb. Von diesem Volksnamen wollen einige die Bezeichnung Messing herleiten, nach andern soll möschen, maischen ein älterer Ausdruck für mischen sein, und Gebrüder Grimm leiten ihn einfach von massa her, das im Mittelalter so viel wie ein ungeschmolzener Metallklumpen bedeutet.

Digitized by Google

Nun wollen wir zum Schluss die Zusammensetzung jener Legierung, die wir zwar selbst nicht häufig zu sehen Gelegenheit haben, die aber der Vervielfältiger unserer geistigen Nahrung ist, kennen lernen, das ist das Lettern-metall.

Sein wichtigster Bestandteil ist stets das Blei. Diesem wird Antimon, auch ein wenig Zinn und ähnliches zugesetzt. Bisher ist es leider nicht gelungen eine bleifreie Legierung von gleicher Brauchbarkeit wie die bleihaltige für den Buchdruck herzustellen, so wünschenswert dies auch ist, da dann erst die schweren Erkrankungen mancher Setzer an chronischer Bleivergiftung endgültig beseitigt wären.

Wir haben nunmehr gesehen, wie Metalle von so ausgezeichneter Brauchbarkeit wie das Kupfer, das Zink und andere, in Form von Legierungen noch neue wertvolle Eigenschaften zeigen können. Eine Ausnahme machte in der Beziehung nur das von uns so ausführlich besprochene Eisen. So viel auch versucht worden ist, es durch Beimischung anderer Metalle zu verbessern, so waren alle diese Bestrebungen bis zum Jahre 1895 etwa vergeblich. Seitdem ist es allerdings gelungen, die Festigkeit des Stahls durch Zumischen von Nickel noch zu erhöhen, wie zuerst auf französischen Werken erfolgreich angestellte Versuche ergeben haben. Die Festigkeit des besten Gussstahls verhält sich zu der solchen Nickelstahls wie 4 zu 7, Nickelstahl hat also fast die doppelte Festigkeit des Gussstahls. So werden denn neuerdings Geschützrohre allerschwersten Kalibers sowie Torpedoboote aus der Nickelstahl genannten Legierung hergestellt und Kriegsschiffe trotz ihres hohen Preises mit ihr gepanzert.

Auch stellt jetzt Krupp jene Riesenwellen, die die vielen tausend Pferdekräfte der Maschinen moderner Oceandampfer auf deren Schiffsschrauben übertragen, aus Nickelstahl her, und zwar können sie wegen der erstaunlichen Festigkeit des neuen Materials im Gegensatz zu den älteren Gussstahlwellen, die, um die nötige Sicherheit zu

Digitized by Google

bieten, massiv hergestellt werden mussten, in Hohlguss ausgeführt werden, wobei die Ersparnis an Materialgewicht die Mehrkosten ausgleichen hilft. So mancher sieht im Nickelstahl bereits das geeignete Material zur Herstellung der Riesenbauten der Zukunft.

Alles bisher von uns Vorgetragene beschäftigt sich mit Kenntnissen, die für die Gesamtmenschheit verwertet werden oder verwertbar sind. Wir stellen uns diese doch als ein nicht durch die Zeit beschränktes unablässig vorwärts strebendes Ganze vor.

Aber die Chemie hat auch lange schon versucht ihre Leistungen in den Dienst des Einzelindividuums zu stellen, das entsteht, lebt und vergeht, und während der beschränkten Zeit seines Daseins noch oft genug von Krankheiten bedroht resp. ihnen unterworfen ist. Ein älterer Abschnitt aus ihrer Geschichte führt geradezu den Namen des Zeitalters der Jatrochemie, d. h. der ärztlichen resp. medizinischen Chemie. Auch auf diesem Gebiete hat sie namentlich seit Beginn des Jahrhunderts grosse Erfolge aufzuweisen, die alles frühere in den Schatten stellen.

Den Anfang in der Beziehung machte die Entdeckung der Alkaloïde, worunter man in den Pflanzen vorkommende Bestandteile von alkalischer (siehe Seite 48) Beschaffenheit versteht. Man lebte bis dahin der Anschauung, aus dem Pflanzenreiche liessen sich nur Säuren wie Weinsäure, Citronensäure u. a. m., sowie neutrale Substanzen wie Stärke, Zucker etc. gewinnen. Bei der Untersuchung arzneilich wirksamer Droguen fand aber Derosne bereits 1803 das Opiumsalz, wie er sein Produkt nannte, welches alkalisch reagierte. Dies erschien ihm so merkwürdig, dass er von ihm als einer „matière vegeto-

Digitized by Google

animale toute particulière“ spricht. Erst 1817 ist aber reines Morphium, das jenes Opiumsalz in unreiner Form repräsentiert hatte, dargestellt und an ihm endgültig festgestellt worden, dass sich dieser einer Pflanze entstammende Stoff wirklich wie ein Alkali mit Säuren zu verbinden vermöge.

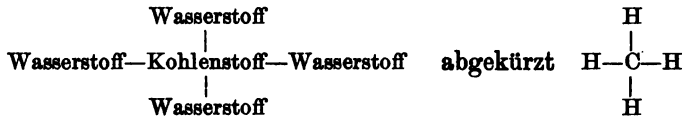
Auf den Wert solcher Alkaloïde wie des Chinins als Mittels gegen das Fieber, des Morphiums als Schlafbringers, des Atropins als die Pupille erweiternden Stoffs, des Cocains als lokalen Anaesthetikums also örtlich begrenzt wirkenden Chloroforms, und was in leicht zu vermehrender Weise sonstige Alkaloïde als Linderungs- und Heilmittel der leidenden Menschheit leisten, brauchen wir hier nicht erst näher einzugehen. Gewiss benutzte man vor ihrer Kenntnis schon mit teilweisem Erfolge die Droguen, in denen sie vorkommen, als Arzneimittel. Sie sind aber in diesen öfters mit so vielen anderen Stoffen gemengt, welche ihre eigentliche Wirksamkeit modifizieren, dass diese schliesslich womöglich gar nicht zur Geltung kommt. So liegt die Sache z. B. beim Morphium im Verhältnis zu dem der Pflanze direkt entstammenden Opium, aus dem es hergestellt wird. Das Opium kann wegen seiner Gesamtwirkungen wohl für andere Zwecke aber trotz seines Morphiumgehalts in der Medizin nicht als Schlafmittel Verwendung finden.

Die chemische Untersuchung dieser Alkaloïde zeigt, dass, wie zu erwarten ist, die Atomkomplexe, aus denen sie bestehen, sehr komplizierte sind. Es ist uns ja von früher her bekannt (siehe Seite 21 und 65), dass es nicht allein genügt die Anzahl der Atome, aus denen sich ein Körper zusammensetzt, zu wissen, um sich über ihn klar zu sein, sondern dass es zu seiner wirklichen chemischen Erkenntnis notwendig ist, auch herauszubringen, wie in ihm diese Atome eines an dem anderen hängen. Erst wenn diese, wie auch jeder Laie einsieht, ungemein schwierige Aufgabe gelöst ist, kann man im Laboratorium die Sache umzukehren versuchen, und nun sich seinerseits daran wagen, solchen Atomkomplex künstlich aus den

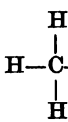
Digitized by Google

Atomen zusammenzusetzen, das Naturprodukt durch Synthese zu gewinnen trachten.[1])

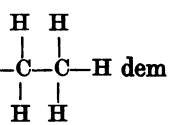
Wir wissen schon (siehe Seite 22), dass alle Körper der organischen Chemie sich von dem Kohlenwasserstoff, der den Namen Methan oder Grubengas führt, und der aus einem Kohlenstoff- und vier Wasserstoffatomen besteht,



herleiten lassen, wenn wir uns an die Stelle seiner Wasserstoffatome immer andere Atome und Atomkomplexe gebracht denken, wobei jeder einwertige Rest an die Stelle jedes anderen einwertigen, jeder zweiwertige für zwei, jeder dreiwertige für drei Wertigkeiten eintreten kann.



ist doch z. B. ein einwertiger Rest des Methans weil ihm ein Wasserstoffatom ein H fehlt. Verbindet er sich mit sich selbst, so kommen wir zu



dem Kohlenwasserstoff C_2H_6 etc.

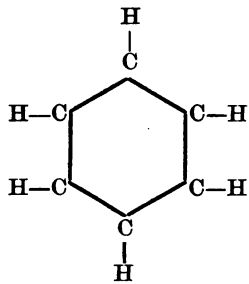
Nun vermögen die Kohlenstoffketten, die man sich durch Wiederholung unseres Verfahrens mit Bezug auf den Rest CH_3 beliebig verlängert denken kann (siehe Seite 23), auch sich nach den Seiten zu verzweigen, ja „ringförmig“ ineinander zurückzukehren. Namentlich Atom-

---

1) Hinsichtlich verhältnismässig so einfach zusammengesetzter Körper, wie es der reine Trinkbranntwein z. B. ist, der, wie wir wissen (siehe Seite 86), nach der Formel C_2H_6O zusammengesetzt ist, ist die Aufgabe, ihn aus zwei Atomen Kohlenstoff, sechs Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff aufzubauen, seit vierzig Jahren etwa gelöst. Aber der im Laboratorium erzeugte Alkohol ist unendlich teurer als der durch Gärung gewonnene.

Digitized by Google

komplexe mit sechs Kohlenstoffatomen lieben eine derartige Anordnung, und ein solcher Ring zeigt eine erstaunliche Festigkeit gegenüber dem Zerreissen, indem er chemischen Angriffen meist völlig widersteht. Da es unbequem ist, kreisförmige Figuren zu zeichnen, so macht man einem allgemein eingeführten Brauche zufolge zwischen diesen sechs Atomen gerade Bindungsstriche, wodurch der Kreis ein Sechseckschema wird, eine Figur, der man jetzt fortwährend in den chemischen Abhandlungen begegnet.



Der im Schema wiedergegebene Kohlenwasserstoff ist wiederum der unter diesen Bedingungen denkbar einfachste. Er besteht aus sechs Kohlenstoff- und sechs Wasserstoffatomen. Seine Formel ist daher C_6H_6. Er ward im Jahre 1825 aufgefunden und führt den Namen Benzol, weil er bald hernach auch aus der Benzoësäure erhalten wurde. Die ewig denkwürdige, weil in ihren Folgen unabsehbare Vorstellung von der ringförmigen Bindung seiner Kohlenstoffatome ist 1866 von Prof. Kekulé in Bonn entwickelt worden. Er ist Muttersubstanz einer ungeheuren Menge von Körpern, findet sich reichlich im Steinkohlenteer, und alle Anilinfarben können beispielsweise aus ihm hergestellt werden. Die Industrie dieser Farben hätte ohne die Verstellung von ringförmigen Atomkomplexen, die das Verhalten dieser Klasse von Substanzen allein zu erklären vermag, niemals ihre jetzige Blüte erreichen können.

In der Herstellung der Anilinfarben sowohl

Digitized by Google

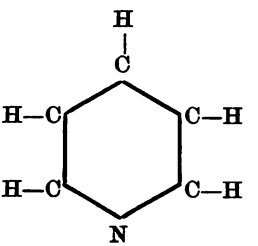
wie der künstlichen Heilmittel, zu denen wir sogleich kommen, die nicht minder schwierig ist, ist Deutschland allen Ländern der Welt überlegen, und der Grund hierfür ist nach der allgemein adoptierten Meinung der Sachverständigen auf den verschiedenen Studiengang der Chemiker in Deutschland gegenüber dem in den meisten anderen Ländern zurückzuführen. „Der junge künftige Techniker" sagt Ostwald, „in England denkt zu praktisch, um Chemie in abstrakter Gestalt zu studieren. Wenn er, z. B., später in die Färberei gehen will, studiert er lieber das Färben selbst. In Deutschland ist es umgekehrt; da studiert jeder künftige Chemiker vor allen Dingen Chemie; ihre Anwendungen kommen später. Die notwendige Folge ist, dass der englische Techniker von neuem anfangen muss, wenn irgend eine wesentliche Änderung in seinem Gebiete stattfindet, der Deutsche besinnt sich auf die allgemeinen Grundlagen, die er sich zu eigen gemacht hat, und findet sich bald zurecht. Demgemäss verfügt die deutsche chemische Industrie über einen grösseren Vorrat von wissenschaftlich geschulter Intelligenz als irgend ein anderes Land, und daher stammt ihre Überlegenheit."

Auch der Laie wird, nachdem er sich mit dem Inhalt des Buches vertraut gemacht hat, einsehen, dass das Studium der Chemie heutzutage ein sehr schwieriges ist. Und es lässt sich nicht leugnen, worauf Verfasser auf Grund zahlreicher an ihn ergangener Anfragen zu sprechen kommt, dass viel zu viel Chemie studiert wird. Die meisten beginnen dieses Studium in der unbestimmten Hoffnung, die sie selbst oder ihre Angehörigen hegen, es werde ihnen später gelingen eine „wertvolle Erfindung" zu machen, die sie für die Zukunft aller Sorgen enthebt. Aber so viel geht wohl aus diesem Buche, welches zeigt, wie gründlich alles von den Chemikern durchgearbeitet wird, hervor,

Digitized by Google

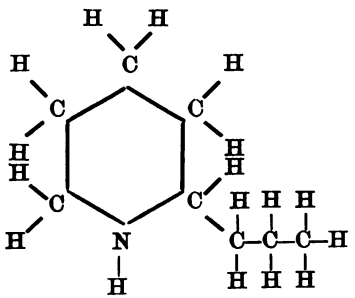
dass das nicht mehr leicht sein kann. Es steht das ungefähr auf der gleichen Stufe mit der Hoffnung auf einen bedeutenden Lotteriegewinn. Jene vom Glücke bevorzugten, die anfangs der siebziger Jahre in die damals, fussend auf der Theorie Kekulés, ihren Aufschwung nehmende Anilinfarbenindustrie kamen, haben es fast alle zu grossen Erfolgen gebracht. Dies gilt aber in sehr geringem Masse von den meisten, die in den letzten Jahren als junge Chemiker in diese Industrie eintraten. Ja es erscheint so gut wie ausgeschlossen, dass nochmals der chemischen Grossindustrie ein ähnlich einträgliches Gebiet wird erschlossen werden, welches plötzlich wieder allen jungen so reichlich vorhandenen Kräften ein lohnendes Arbeitsfeld schafft, wie es mit der Anilinfarbenfabrikation mit ihren Annexen seiner Zeit der Fall war, deren schier unglaubliches Anwachsen die lohnende Anteilnahme so ausserordentlich vieler gestattete.

Seit den achtziger Jahren weiss man auch, dass ringförmige Atomkomplexe nicht nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zu bestehen brauchen, sondern dass der Ringschluss auch durch andere Elemente namentlich durch Stickstoffatome bewirkt werden kann. Stickstoff kürzen wir, von Nitrogenium her, durch N ab, und so ist der einfachst mögliche derartige Körper C_5H_5N. Er führt



Digitized by Google

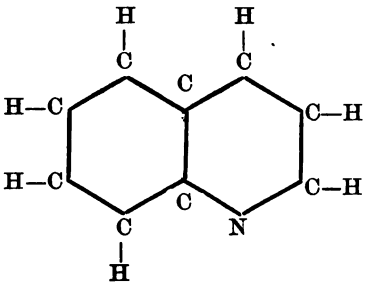
den Namen Pyridin, auch er findet sich im Teer, und alle Alkaloïde, also alle jene auf den menschlichen Körper so stark einwirkenden Pflanzenbestandteile, sind bis auf verschwindende Ausnahmen Abkömmlinge von ihm. So hat das Coniin, welchen Namen das giftige Alkaloïd des Schierlings führt, die Summenformel $C_8H_{17}N$, und diese 26 Atome sind in folgender Weise aneinander gekettet:



Diese Art der Aneinanderlagerung der Atome im Schierlingsgift ist von Ladenburg schliesslich völlig erkannt worden, und er hat den bis dahin nur von der Natur in der Pflanze erzeugten Atomkomplex im Laboratorium 1888 künstlich aus dem dem Steinkohlenteer entstammenden Pyridin hergestellt.

Die Untersuchung des Chinins, jenes berühmtesten aller Fiebermittel, ist noch nicht ganz so weit gediehen, denn das Chinin ist unendlich komplizierter als z. B. das Coniin zusammengesetzt. Aber aus dem Chinin gewinnt man mit Leichtigkeit ein Spaltungsprodukt das Chinolin. Dieses ist, wie die Untersuchungen ergeben haben, ein Atomkomplex mit zwei Ringen, der Benzolring und der Pyridinring haben sich in ihm in folgender Art aneinander gelagert:

Digitized by Google



Chinolin.

Man weiss nun noch nicht, wie alle anderen im Chinin vorhandenen Atome am Chinolin hängen. Vom Chinin kostet, so sehr es auch im Preise gefallen ist, immer noch ein Kilo cirka 50 Mark, folglich war das aus ihm hergestellte Chinolin eine gewiss teure Substanz, heute kauft man aber ein Kilo von letzterem trotz des hohen Chininpreises für weniger als 10 Mark. Dies kommt daher, das man das Chinolin aus Steinkohlenteerderivaten in beliebiger Menge billig herstellen kann, so dass man also zu seiner Gewinung das teure Chinin gar nicht mehr nötig hat.

Da das Chinolin so zu sagen das Gerippe des Chinins darstellt, so kam man auf die Idee, ob es denn gerade notwendig sei, dass genau die gleichen Atome und Atomkomplexe wie im Chinin an ihm hängen, damit es ein Fiebermittel sei; ob nicht vielleicht, wenn man das Chinolin in einen den ganzen bisherigen Erfahrungen nach geeigneten Atomkomplex verwandelte, diese neue Substanz, die also nur eine ungefähre Anlehnung an das Naturprodukt darstellt, ähnlich diesem im stande sein würde, die hohe Körpertemperatur der Fiebernden herabzusetzen, und so ähnlich dem Chinin würde als Fiebermittel Verwendung finden können.

Nach vielen Versuchen wurde so das erste neue künstliche Fiebermittel im Jahre 1881 geboren, das den Namen Kairin erhielt. Es ist heute längst wieder vergessen, weil es durch wirksamere ersetzt worden ist, indem

Digitized by Google

seitdem ein neues künstliches Fiebermittel das andere jagt. Dazu kam, dass man, nachdem man sich einmal mit dem Gegenstande beschäftigte, herausfand, dass auch bei weitem einfachere Atomkomplexe, als es das Chinolin ist, schon Fiebermittel liefern können, wodurch es noch leichter geworden ist, solche im Laboratorium herzustellen.

Am meisten bewährt haben sich in der Praxis wohl Antipyrin, dessen Atomkomplex ein sehr komplizierter aber kein Derivat des Chinolins ist, und Phenacetin, dem eine verhältnismässig einfache Anordnung von Atomen zu Grunde liegt.

Wir sprachen eingangs vom Morphium, das als einschläferndes Mittel einen geradezu epochemachenden Fortschritt in der inneren Medizin bedeutet, namentlich seitdem der englische Arzt Wood 1855 die Einspritzung desselben unter die Haut einführte, wodurch seine Wirkung eine viel schnellere und zuverlässigere wird, indem es auf dem kürzesten Wege in die Blutbahn gelangt.

Zumal in Rücksicht auf die Gefahr der Morphiumsucht, die leider mit seinem Gebrauch verbunden ist, hat man sich dann viele Mühe gegeben, einen passenden Ersatz für dasselbe zu finden. Der erste von diesen ist das Chloral gewesen, welches chemisch, woran schon der Name erinnert, in einer gewissen Verwandtschaft zum Chloroform steht.

Auch die Anzahl dieser Mittel ist mit der Zeit Legion geworden. Es hat sich gezeigt, dass den verschiedenartigsten Körperklassen die Eigenschaft zukommt bei Menschen und Tieren Schlaf zu erzeugen. Schliesslich ist doch auch der gewöhnliche Alkohol ein Schlafmittel, nur pflegt sein reichlicher Genuss unangenehme Konsequenzen für den nächsten Tag zu haben, und so geht es mit vielen dieser neuen Mittel. Sie führen wohl Schlaf, aber auch manche unangenehmen Folgen herbei, und dadurch erleidet die Zahl der praktisch verwendbaren eine bedeutende Einschränkung, wenn sie auch trotzdem immer noch gross genug ist.

Während die Schlafmittel dazu bestimmt sind, einen

Digitized by Google

dem natürlichen möglichst ähnlichen Schlaf künstlich herbeizuführen, kann man jetzt bekanntlich auch die schwersten Operationen während eines so tiefen Schlafes, dass der Patient nichts von ihnen fühlt, ausführen.

Das erste zu dem Zweck einer so tiefen Einschläferung verwendete Mittel war der Äther, eine aus Alkohol leicht herstellbare Substanz.

Da man sie noch heute am bequemsten erhält, wenn man den Alkohol mit Schwefelsäure destilliert, nannte man sie einst und nennt das Volk sie jetzt noch Schwefeläther, obgleich sie keine Spur Schwefel enthält, wie man seit cirka hundert Jahren weiss.

Den Äther hat der Professor der Arzneimittellehre zu Wittenberg, Valentinus Cordus, um 1530 entdeckt, und schon 1541 kennt Theophrastus Paracelsus Bombastus seine schlafmachende Wirkung. Es heisst bei ihm[1]:

Zum andern hat dieser Sulphur (es ist der Äther gemeint) eine Süsse, das jhn die Hüner all essen, vnd aber endtschlaffen auff ein Zeit, ohn schaden wieder auffstohndt.[2])

Die richtigen Konsequenzen aus diesem „Tierversuch" des Theophrastus sind leider erst dreihundert Jahre nach seiner Anstellung gezogen worden. Dieser Versuch zeigte doch bereits, dass Äther einen tiefen Schlaf, aus dem man ohne Schaden wieder erwacht, herbeiführt. Es ist das sicher sehr bedauerlich, da, wenn man die Ergebnisse des Versuches richtig zu deuten verstanden hätte, schon Jahrhunderte lang leidenden Menschen viele Schmerzen mit seiner Hilfe hätten erspart werden können, indem man Kranke schon seit damals für die Zeit von Operationen hätte gefühllos machen können.

---

1) Band I Seite 1064 seiner zu Strassburg 1603 in 10 Bänden neuaufgelegten gesammelten Werke.

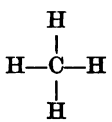
2) In der Fortsetzung dieser Mitteilung rühmt er ihn dann gegen alle möglichen Krankheiten, und seitdem 1750 der Hallenser Kliniker Hoffmann ein Gemisch von 3 Teilen Spiritus und 1 Teil Äther als beruhigende schmerzstillende Arznei zuerst ernstlich empfohlen hat, ist er in Form der Hoffmanns Tropfen Volksmittel geworden.

Digitized by Google

Zum Entschluss den Äther in diesem Sinne als Einschläferungsmittel für kranke Menschen zu verwenden, kam aber erst der amerikanische Chemiker Jackson im Jahre 1846, der den Zahnart Morton veranlasste, ihn als Einschläferungsmittel bei Zahnoperationen zu verwenden. Die Erfolge auf diesem Gebiete waren so ausgezeichnete, dass der Chirurg Warren, dem sie sie mitteilten, daraufhin einen durch Äther bis zur völligen Unempfindlichkeit eingeschläferten Kranken am 17. Oktober 1846 zu operieren wagte. Mit diesem Tage beginnt die schmerzlose Ausführung chirurgischer Operationen.

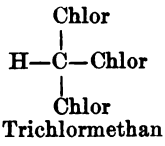
Andrerseits begann sogleich die Suche nach Mitteln, die womöglich noch besser als der sehr feuergefährliche Äther — bei seiner Benutzung war z. B. die Verwendung des für Chirurgen öfters unentbehrlichen Glüheisens unmöglich — den gewünschten Zweck erfüllen sollten, und Simpson empfahl schon 1847 das Chloroform, das seitdem das Feld so ziemlich behauptet hat, wenn man auch noch immer bemüht ist, es durch andere und bessere Mittel oder Gemische von solchen zu ersetzen.

Das Chloroform hat Liebig im Jahre 1831 entdeckt, indem er es aus dem Chloral darstellte, Heute gewinnt man es auf weit billigerem Wege durch Einwirkung von Chlorkalk auf Spiritus. In chemischer Beziehung ist es ein sehr einfach zusammengesetzter Körper. Ersetzen wir nämlich in dem uns jetzt so wohlbekannten Kohlenwasserstoff CH_4, also dem Methan, drei Wasserstoffatome durch Chlor — dass kann man im Laboratorium ganz direkt ausführen — so bekommen wir das Chloroform, und damit unser Einschläferungsmittel. Formelgerecht geschrieben stellt sich der Zusammenhang folgendermassen dar:



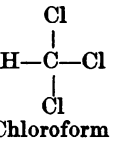
Methan

Digitized by Google

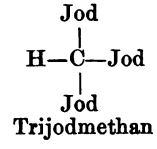


Trichlormethan

oder

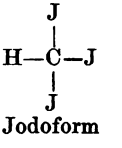


Chloroform



Trijodmethan

oder



Jodoform

Unter das Chloroform haben wir gleich das ihm, hinsichtlich der chemischen Konstitution, wie aus den mitgeteilten Formeln ersichtlich ist, ganz nahestehende Jodoform geschrieben,[1]) und wenn wir an das Chloroform das Jodoform gleich angereiht haben, so sind wir damit von der Klasse der „Narcotica" zur Klasse der „Antiseptica" übergegangen, die zur Schmerzlosigkeit, mit der das Chloroform die chirurgischen Operationen umgiebt, den glatten Heilungsprozess der Wunden gefügt haben.

Diesen in der Wundhehandlung grossartigsten Fortschritt aller Zeiten verdankt die Welt dem englischen Professor der Chirurgie Lister, der die Anregung zu dieser genialen Leistung durch die Arbeiten Pasteurs über die kleinsten Lebewesen erhielt.

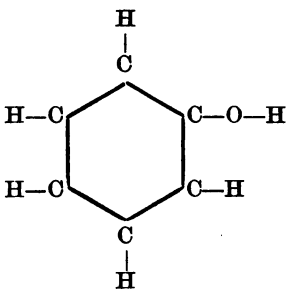
Überall im Raume vorhandene Bakterien können nämlich, wenn sie in Wunden gelangen, deren Eiterung und im Anschluss daran oft höchst gefährliche zum Tode führende Allgemeinerkrankungen veranlassen. Da es nun kaum möglich ist, die uns umgebende Luft von den Wunden abzuschliessen, sorgt man nach Listers Vorschlag seit Mitte der siebziger Jahre dafür, dass die Bakterien der an die Wunden kommenden Luft durch

1) Die Abkürzungssilbe form rührt von Acidum formicum zu deutsch Ameisensäure her, indem diese Körper hinsichtlich ihrer chemischen Konstitution auch in gewisser Beziehung zu ihr stehen, bezw. auch diese ein sehr nahestehendes Derivat des Methans ist.

Digitized by Google

Desinfectionsmittel, mit denen man die Wunden umgiebt, abgetötet werden. Das von ihm hierzu verwendete Mittel war die Karbolsäure. (In gut eingerichteten Krankenhäusern ist man, was wir nicht übergehen wollen, jetzt schon noch einen Schritt weiter gelangt. Man bedient sich in diesen der aseptischen Methode, d. h. man kocht die Operationsinstrumente zur Tötung der Bakterien aus, „sterilisiert" die Mäntel der Operierenden vor der Opereration in strömendem Wasserdampfe, die Hände des Operierenden sind durch Waschen mit Seife und Alkohol von Bakterien befreit, in gleicher Weise sind die Hautstellen, an denen die Operation vorzunehmen ist, behandelt, der Verband besteht hernach aus sterilisierter Watte u. s. w. Man vermeidet auf diesem Wege somit die Berührung des Kranken mit den immerhin meist recht giftigen antiseptischen Mitteln. Ausserhalb der auf das beste eingerichteten Operationssäle ist aber die Methode nicht brauchbar, weil die Summe der genannten Vorsichtsmassregeln dort unausführbar ist.)

Die Karbolsäure ist eine dem Benzol (siehe Seite 294) sehr nahe stehende Substanz, sie ist nur um ein Sauerstoffatom reicher als dieses und hat folgende Konstitution.



Karbolsäure.

Die Karbolsäure wird aus dem Steinkohlenteer durch Destillation gewonnen.

Der durch Lister herbeigeführte Fortschritt wird uns so recht klar, wenn wir an den deutsch-französischen Krieg, also an den Anfang der siebziger Jahre zurückdenken.

Digitized by Google

Damals zupfte noch alle Welt unter Ausschluss jeder Vorsichtsmassregel Charpie aus altem Leinen, wie das so Brauch war, ohne eine Ahnung zu haben, welch eine Unsumme von Ansteckungsstoffen man gerade mit einem so hergestellten Material, das mit ungezählten Bakterien beladen ist, in die Wunden bringt. Sicher ist durch dasselbe der Tod vieler, die heute gerettet würden, herbeigeführt worden. Heute benutzt man deshalb gar keine Charpie mehr, sondern bedient sich an ihrer Statt der durch Antiseptica bakterienfrei gemachten Verbandwatte.

Indem somit jetzt alles und jedes, was mit den Wunden in Berührung kommt, also auch die Hände und Instrumente des Operierenden desinfiziert werden, heilen sie hernach meist ohne jede Eiterung. Natürlich bleiben grosse Operationen nach wie vor mit Gefahr verbunden, aber die ehemals häufigste von diesen, das Wundfieber, ist als ausgeschlossen zu betrachten. Sind doch viele Operationen, die früher sicher den Tod durch nachherige Vereiterung herbeigeführt hätten, überhaupt erst seit Kenntnis der antiseptischen Methode, weil sie das Eitern ausschliesst, ausführbar.

Antiseptica giebt es eine Unsumme, und das Karbol hat viele viele Konkurrenten bekommen, zumal infolge der so grosse Fortschritte machenden Bakteriologie und der Hygiene der Bedarf an ihnen und die Ansprüche an sie ununterbrochen wachsen.

Das bereits erwähnte Jodoform mit seinem unerfreulichen Geruch hat sich trotz dieser unerfreulichen Zugabe ganz besonders in der Wundbehandlung bewährt, und wird immer noch von den Chirurgen benutzt. Die Bakteriologen brauchen wieder für ihre Zwecke häufig ein sehr viel stärkeres und dabei geruchloses Mittel, und als dieses dient ihnen zumeist das Sublimat.

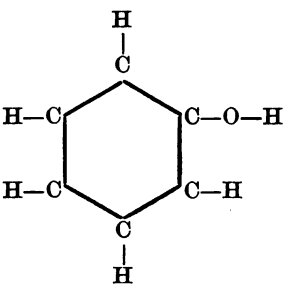
Sublimat ist chemisch Quecksilberchlorid. Seine wässerige Lösung zeigt noch bei starker Verdünnung die allergrösste antiseptische Kraft. Und wäre es nicht an und für sich auch für den menschlichen Körper so sehr

Digitized by Google

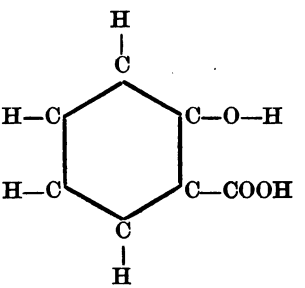
giftig, es würde wahrscheinlich ziemlich alle anderen Antiseptica verdrängen.

Das Publikum braucht aber auch völlig geruchlose und dabei geschmacklose und ganz ungiftige Antiseptica, um Speisen z. B. mittelst solcher haltbar zu machen. Für den Zweck hat sich die Salicylsäure mit am meisten bewährt. Sie ist zuerst im Jahre 1839 aus der Rinde der Weide (Salix) gewonnen worden, und ihr daran anklingender Name ist ihr erhalten geblieben. Die Untersuchung der Atomanordnung in ihr lehrte allmählich, dass sie eine der Karbolsäure sehr nahestehende Verbindung ist.

Ersetzt man in der Karbolsäure ein bestimmtes Wasserstoffatom durch einen anderen Atomkomplex, den man Karboxyl nennt, so erhält man sie aus ihr. Karbolsäure hat die Formel C_6H_6O, Salicylsäure die Formel $C_7H_6O_3$. Letztere ist also um die Atome CO_2, das ist, wie wir wissen, die Elementarzusammensetzung der Kohlensäure, reicher.[1])



Karbolsäure



Salicylsäure

1) Wir wollen hier zum Schluss bemerken, dass wir im Buche, weil das für unsere Zwecke genügte, in den chemischen Formeln immer nur die qualitative Zusammensetzung der Körper gesehen haben. „Dem Chemiker bedeuten die Formeln aber weit mehr", sie geben ihm gleichzeitig die Gewichtsverhältnisse an, in welchen die einzelnen Elemente den betreffenden Körper zusammensetzen. Das Gewicht der Atome der einzelnen Elemente ist nämlich im Verhältnis zu einander bestimmbar und bestimmt. Man bezieht es auf das leichteste aller Elemente, das ist das

Digitized by Google

Und so wird die Salicylsäure jetzt im Anschluss an diese Erkenntnis in grösstem Massstabe aus dem Karbol, welches doch seinerseits dem Teer entstammt, nach einem allmählich zur denkbarsten Vollkommenheit ausgebildeten Verfahren gewonnen.

Andrerseits dienen, wenn es auf ihre weitere Beschaffenheit nicht ankommt, auch nur ganz oberflächlich gereinigte Destillationsprodukte des Teers, welche ebenfalls erfahrungsgemäss eine sehr grosse antiseptische Kraft besitzen, vielfach zu Desinfektionszwecken. Sie können äusserst wohlfeil geliefert werden, und damit ist die Abhaltung vieler Erkrankungen selbst den armen Bevölkerungsschichten ermöglicht, die sich ebenfalls durch diese Mittel bei Epidemieen gegen Ansteckung schützen können.

So schreiten die Arbeiten auf chemischem Gebiete, wie wir sie kennen zu lernen Gelegenheit gehabt haben, rastlos vorwärts, indem alles, was die Natur liefert, auf das genaueste nach den verschiedensten Richtungen hin geprüft wird, sei es, dass es sich um den Ausbau der Wissenschaft handelt, sei es, dass Zwecke der Gesamtheit oder der einzelne Mensch in Betracht kommen.

Nicht mehr trifft die einstmals nicht unberechtigte Kritik des grossen Engländers Francis Baco von Verulam zu „Chymicorum autem genus ex paucis experimentis fornacis philosophiam con-

---

Wasserstoffgas, dessen Atomgewicht man gleich 1 setzt. Das Kohlenstoffatom ist z. B. zwölfmal so schwer als das Wasserstoffatom, das Sauerstoffatom sechzehnmal so schwer. Diese Kenntnis ermöglicht die ungemein einfache chemische Zeichensprache, welche keine besonderen Sprachkenntnisse erfordert, sondern den Chemikern aller Nationen gleich verständlich ist. Mit ihr lässt sich, wie Mack sehr richtig bemerkt, hinsichtlich der grossen Einfachheit und der allgemeinen Verständlichkeit wohl nur noch die Notenschrift vergleichen.

Digitized by Google

stituerunt phantasticam et ad pauca spectantem," die etwa bedeutet: Die Zunft der Chemiker hat auf Grundlage weniger im Ofenfeuer angestellter Experimente eine phantastische und nur wenige Erscheinungen berücksichtigende Weltanschauung aufgestellt.

Nicht mehr ist aber auch wie in alten Zeiten das Ganze mit dem Mantel alchymistischer Geheimnisse umgeben, sondern offen liegt es dar, und wohl erscheint der Versuch gerechtfertigt, selbst dem Fernerstehenden in diese scharfdurchdachte Welt einen Einblick zu eröffnen, der sein Allgemeinwissen mehren, sein eigenes Denken zu schärfen geeignet sein wird.

Digitized by Google

Register.

Abraumsalze, Stassfurter 45.
Aceton 121, 132.
Aethan 23.
Aether 300.
Aetzkali 179, 199.
Aetzkalk 179, 193, 208.
Aetznatron 199.
Alaun 141, 150, 167, 282.
Alfagras 170.
Alfénide 289.
Alizarin 152, 157.
Alkali 48.
Alkaloïde 291.
Alkohol 20, 86, 299.
— absoluter 113.
— Gehalt des Bieres 103.
— „ der Spirituosen 116.
— „ des Weines 97.
— Nährwert des 116.
Aluminium 282, 285.
Amalgam 210.
Ameisensäure 302.
Ammoniak 30, 46, 48, 192.
— soda 192.
— wasser 30.
Ampère 23.
Amylalkohol 112.
Analysen und Zusammensetzungen von:
— Alaun 141.
— Alkohol 86.
— Ausgeatmeter Luft 10.
— Asche der Roggenpflanze 36.
— — der Roggenkörner 36.
— Benzol 294.
— Bier 103.
— Cellulose 68.
— Chinolin 298.
— Coniin 297.
Analysen und Zusammensetzungen von:
— Eisengehalt der Nahrungsmittel 81.
— Essig 120.
— Fette 19.
— Fleischsorten 82.
— Gärungsverlauf des Zuckers 86.
— Hühnereiweiss 60.
— Karbolsäure 305.
— Kartoffeln 67.
— Leim 60.
— Leuchtgas 31.
— Luft 8.
— Milch 55.
— Pflanzeneiweiss 60.
— Pottasche 180.
— Pyridin 296.
— Rahm 55
— Roggenkleie 68.
— Roggenmehl 67.
— Salicylsäure 305.
— Salpeter 126.
— Salzsäure 187.
— Schiesspulver 124.
— Soda 180.
— Spirituosen 116.
— Stärke 66.
— Suppe 84.
— Traubenzucker 65.
— Wachs 20.
— Wein 97.
— Weizenkleie 68.
— Weizenmehl 67.
Anilinfarben 153, 182, 294.
Anode 239.
Anthracen 154, 156.
Antichlor 146, 168.

Digitized by Google

Antimon 289.
Antipyrin 299.
Antiseptika 302.
Arbeiter, Ernährung der 94.
Argon 8.
Arrak 115.
Arrow-Root 67.
Arzneimittel 22, 292.
Aschenanalysen 36.
Asepsis 303.
Atmen 1, 7, 10, 63.
Atom 9, 22, 27.
— complexe ringförmige 22, 293, 296.
Atomgewichte 306.
Atropin 292.
Aufschliessen der Phosphate 43.
Aussalzen der Seifen 200.
Bacillen 56, 86, 302.
Backen 85.
Backpulver 88.
Barilla 180.
Bariumplatincyanür 240.
Barometer 5.
Base 48.
Baumwolle 134.
Baumwollsamenöl 64, 162.
Bayrischbierbrauerei 103.
Beefsteak 82.
Beize 149.
Bekleidung 133.
Beleuchtung 16.
Benediktiner 116.
Benzoësäuresulfinid 77.
Benzol 294.
Berliner Blau 149, 164.
Bernsteinlack 163.
Bessemerstahl 271.
Besteuerung des Branntweins 109, 113.
— des Roheisens 246.
— des Zuckers 76.
Bier 93, 100.
— Alkoholgehalt 103.
— Analysen 103.
— Nährwert 93.
Bimetallismus 247.
Bioxyanthrachinon 156.
Biskuitporzellan 224.
Bläuen der Wäsche 145.
Blauholz 157, 163.
Blende 243.
Blei 174, 182, 290.
— glas 212, 217.
Bleichen 145.
Bleichsucht 81.
Bleiglanz 217.
Bleioxyd 8, 162, 203, 209, 219.
Blumentöpfe 216.
— Düngung der 50.
Blut 9, 51, 54, 57.
— kreislauf 11.
— laugensalz 149.
Bonbonfabrikation 71.
Borax 219.
Borsäure 208.
Borsaures Manganoxydul 162.
Brache 38.
Braten 82.
Braunkohlen 12.
Braunkohlenteer 27.
Braunstein 187.
Britanniametall 289.
Brom 45, 227.
Bromsilber 226.
Bromsilbergelatineemulsion 233.
Bronze 287.
Brot 79, 85.
— teig 85.
— kruste 87.
Bunsenbrenner 33.
Buntphotographie 236.
Butter 63. 201.
Campècheholz 157.
Carbolsäure 130, 154, 303.
Caseïn 55.
Catechu 140.
Cellulose 122, 127, 165.
Cement 215.
— stahl 270.
Cerotinsäure 20.
Ceroxyd 34.
Chamotte 29, 216.
Champagner 98.
Chemie, medizinische 291.
— physiologische 54.
— über das Studium der 295.

Digitized by Google

Chemie, Unterschied zwischen und Physik 1.
Chemische Formeln 22, 293, 305.
Chilisalpeter 49.
Chinin 292, 297.
Chinolin 297.
Chloral 299.
Chlorammonium 193.
Chlorcalcium 147, 194.
Chlorgas 145, 194, 244.
Chlorgold 244.
Chlorkalium 45, 195.
Chlorkalk 145, 186, 301.
Chloroform 292, 299, 301.
Chlorophyllkörner 35, 46.
Chlorsaures Kali 15, 132, 187.
Chlorsilber 226.
Chromgelatine 236.
Chromgelb 161.
Chromleder 143.
Chromoxyd 143, 224, 237.
Cocain 292.
Cochenille 158.
Cognac 106, 115.
Colophonium 168.
Coniin 297.
Coprah 201.
Cordit 132.
Cuivre poli 289.
Curcuma 158.
Cyankalium 245.
Daguerreotypie 228.
Damascenerstahl 257.
Dampf 28.
Dampfkessel 110, 172, 175.
Dampfmaschine 268.
Darminhalt 53.
Darren 101.
Dégras 144.
Denaturierter Spiritus 113.
Desinfection 304.
Destillation 26, 104, 154.
— trockene 28, 120.
Dextrin 71, 86.
Diastase 101.
Diazoverbindungen 153.
Diffusion 9, 51, 74.
Dinte 164.
— sympathetische 164.
Dinte, unauslöschliche 226.
Diphterieserum 57.
Doppeltchromsaures Kali 236.
DoppeltkohlensauresNatron192.
Dünger, künstlicher 40.
Durst 54.
Dynamit 129.
Eau de Javelle 147.
Edelsteine, künstliche 212.
Eichenrinde 102, 139.
Eidotter 142.
Eier 56, 91.
Einkochen des Zuckersaftes 75.
Eisen 253.
— bedarf des Menschen 80.
— erze 255.
— gehalt von Nahrungsmitteln 81.
— kieselsaures 207, 216.
— oxyd 31, 143, 151, 257.
— Schutzzoll für 264.
— vitriol 163, 231.
Eisessig 121.
Eiweiss 46, 54, 101, 148.
— analysen 60.
— Gerinnen des 55.
— lösung in der Photographie 230.
— täglich nötige Menge des 91.
Elektricität, Einfluss der auf chemische Verbindungen 195, 284.
Elektrolyse, Geschichte der 284.
Elemente 21, 27.
Englischheftpflaster 204.
Enthaaren von Häuten 138.
Entphosphorung des Eisens 274.
Entwickler, photographische, 231.
Eosin 164.
Erbsen 91.
Erde, Kugelgestalt der 3.
Ernährung 50.
— Zuckerkranker 68.
Erz 244.
Essig 118.
— essenz 120.
— säure 118, 121.
— sprit 120.
Extraktivstoffe 82.

Digitized by Google

Explosionsstoffe 122.
Exportprämien 77.
Färberei 148.
Farbholzextrakte 157.
Farbpasten 157.
Farbstoffe, substantive 153.
Faser, pflanzliche 133, 165.
— tierische 133, 165.
Fayence 219.
Feldspat 221.
Fensterglas 207, 209.
Ferment 56.
Fernambukholz 157.
Fette 19, 55, 62, 64, 197.
Fettsäuren 19, 161, 200.
Feuerungsanlagen 256.
Feuerwerkerei 133.
Fibrin 52, 57.
Fiebermittel, künstliche 298.
Firnis 151, 162.
Flamme, Natur der 16, 32.
Flammofen 266.
Fleisch 53, 58, 82. 91.
— Nährwert des 91.
Fluorescenz 240.
Flusseisen 254, 580.
— stahl 254, 280.
Formeln, chemische 22. 293, 305.
Freiflammführung 280.
Frischen 262.
Fruchtäther 115.
Früchte, Einmachen der 96.
— Reifen der 68.
Fruchtfolge 39.
Fuchsin 149, 164.
Fuselöl 112.
Futtermittel 50. 201.
Galläpfel 152, 163.
Galmei 288.
Galvanoplastik 283.
Gambir 140.
Gänseschmalz 19.
Gartendüngung 50.
Gärung 56, 86, 95, 102, 107.
Gas 28.
— feuerung 278.
— gehalt einer Flamme 16.
— glühlicht 34.
— Kochen auf 34.
Geisslersche Röhren 238.
Geistige Getränke 78, 86.
Gelatine 236.
Gelatineemulsionsverfahren 233.
Gelatinieren 59.
Generatorgas 279.
Genussmittel 78, 93.
Gerberlohe 139.
Gerbextrakte 140.
Gerbstoffe 139, 173.
Gerinnen des Eiweiss 55.
— der Milch 56.
Gerste 101, 106.
Geschichtliche Angaben über:
— Ackerbau 37.
— Aether 300.
— Alkaloide 291.
— Aluminium 283.
— Antiseptica 302.
— Atomkomplexe 294, 296.
— Benennung der Salze 48.
— Bronze 287.
— Cellulose 170.
— Cement 215.
— Champagner 98.
— Chilisalpeter 49.
— Chlorkalk 146.
— Chloroform 301.
— Destillation 104.
— Eichenlohe und ihren Ersatz 139.
— Eisen 255, 258, 263, 273.
— — bahnen 268.
— — bahnschienen 275.
— Elektrolyse 284.
— Entphosphorung des Eisens 276.
— Essig 149.
— Färberei 150.
— Fiebermittel 298.
— Gasglühlicht 33.
— Glas 207, 211.
— Heilmittel, künstliche 248.
— Indigo 155.
— Kalisalze 45.
— Koks 263.
— Krapp 156.
— Kunstwolle 136.
— Kupfer 287.

Digitized by Google

Geschichtliche Angaben über:
— Lumpen 169.
— Messing 289.
— Morphium 291.
— Narkose 300.
— Papier 165.
— Photographie 225.
— Porzellan 220, 225.
— Pottasche 44, 180.
— Salzsäure 185.
— Schiesspulver 124.
— Schlafmittel 301.
— Schwefel 183, 190.
— Seife 197.
— Silberwert 245.
— Soda 180, 191, 195.
— Spiritusfabrikation 109.
— Stahl 270, 271.
— Talgkerzen 19.
— Teerdestillation 154.
— Teerfarbstoffe 158.
— Zink 282.
— Zucker 73.
— Zündhölzer 13.
Gespinstfasern 144.
Getränke, gegorene 95.
— geistige 78, 86.
Gewicht der Luft 4.
Gips 43, 171.
Glacéhandschuhe 142.
Glanze 243.
Glas 205, 259.
— Färben des 213.
— Giessen des 210.
— spiegel 210.
Glasur 217, 220, 222.
Glaubersalz 182, 189, 200.
Glühlicht 33.
Glycerin 19, 129.
Glycocoll 77.
Gold 213, 244, 286.
— münzen 286.
— produktion 246.
— währung 249.
— Wert des 248.
Griechisches Feuer 123.
Grubengas 23, 293.
Guano 42.
Gusseisen 253, 260.
Gussstahl 271.
Handschuhleder 142.
Hanföl 199.
Harnstoff 54.
Harz 163, 168.
— seifen 202.
Hefe 87, 95, 107.
Heftpflaster 204.
Heilmittel, künstliche 182, 298.
Heu 58.
Hexan 24.
Hirschhornsalz 87.
Hochofen 259.
Hoffmannstropfen 300.
Höllenstein 225.
Holz 12, 16, 171.
— Destillation des 120.
— essig 121.
— geist 121.
— kohle 16, 112, 262, 265.
— schliff 170.
Honig 71, 99.
— kuchen 71.
Hopfen 102.
Hunger 54.
Hydrochinon 231.
Indigo 154.
Initialzündung 129.
Jod 50, 227.
Jodoform 302.
Jodsilber 226, 229.
Kaffee 78, 139.
Kairin 298.
Kalbskotelett 82.
Kalcinieren 188.
Kalifeldspat 221.
Kalilauge 199.
Kalisalpeter 49.
Kalisalze 36, 45, 85, 180.
Kalium 284.
Kalk 113, 138, 179.
— gelöschter 179. 215.
— kohlensaurer 10, 206, 208.
— milch 197.
— ofen 193.
— spath 178.
— stein 178, 193, 264.
— wasser 10.
Kampher 104, 121.

Digitized by Google

Kanonen 287, 290.
Kaolinthon 221.
Karbolsäure 130, 154, 303.
Karbonisieren 135.
Kartoffeldämpfer 110.
Kartoffel, Erfrieren der 69.
— Ertrag der 109.
— Kochen der 89, 110.
— Nährwert der 92.
— spiritus 109.
— stärke 67.
— Zusammensetzung der 67.
Käse 56, 92.
Kathodenstrahlen 239.
Kernseife 200.
Kerzen 18.
Kerzendocht 20.
— licht, Gasgehalt des 17.
Kiese 243.
Kieselgur 130.
Kieselsäure 48, 207, 276.
Kleber 85.
Kleie 58, 68, 85, 138.
Kleister 67, 85.
Knallquecksilber 127.
Knochen 40, 60.
— asche 213.
— fett 40, 198.
— kohle 41, 149.
— leim 41.
Knorpel 59.
Kobalt 161, 213, 224.
Kobaltchlorür 164.
Kochen auf Gas 32.
— Zweck des 82.
Kochgefässe aus Glas 212.
Kochsalz 80, 182, 184, 200, 218.
Kohlenhydrate 55, 62, 65, 127.
— oxyd 208, 252, 260.
— säure 8, 10, 61, 193, 252.
— säure im Bier 103.
— säure in der Atemluft 10.
— saures Ammoniak 87, 192.
— saures Kali 44, 88, 180, 196, 205.
— saurer Kalk 178.
— saures Natron 180.
— stoff 22, 293.
— wasserstoff 21, 293.
Kokosnussöl 201.
Koks 30, 263.
Kollodium 131, 231.
Kolonnenapparat 113.
Kolophonium 168.
Kongorot 153.
Königswasser 225, 244.
Körperwärme 11, 61.
Konserven 79.
Kopiertinte 164.
Kopal 163.
Kost des Menschen 62, 94.
Kornbranntwein 106.
Kraftfuttermittel 58, 201.
Kranke, Wert des Weines für sie 116.
Krapp 156.
Kreide 182, 209.
Kreislauf des Blutes 11.
Kryolith 213, 285.
Krystallwasser 189.
Kuchenbäckerei 87.
Küchengeschirr 217, 219.
Kumys 99.
Kunstbutter 63.
Kunstwolle 134.
Kupfer 281, 287, 289.
— chlorid 165.
— oxydul 69.
Lab 56.
Lack 151, 162.
Lauge 197.
Leblancsoda 181.
Leder 137.
Legierungen 286.
Lehm 214.
Leim 59, 84, 167, 199.
Leimung des Papiers 167.
Leinen 134.
Leinöl 161, 199.
Letternmetall 290.
Leuchtgas 18, 28, 185.
Lichtputzschere 19.
Liqueur 114.
Lokomotive 269.
Luft, Bestandteile der 8, 46, 185.
Luftmörtel 215.
Luft, Schwere der 2, 5.
Lumpen 166.

Digitized by Google

Lumpenersatz 170.
Magensaft 51.
Magnetstab 2.
Maischprozess 101.
Majolika 219.
Malerei 160.
Maltonwein 104.
Malz 101.
Mangan 273.
— superoxyd 187.
Margarine 64.
Marmor 178.
Melasse 76, 115, 196.
Melinit 130.
Messing 288.
Metalle 243.
Metallspiegel 210.
Meth 99.
Methan 23, 293.
Milch 55, 63, 91, 94.
— Gerinnen der 56.
— Nährwert der 91, 92.
— glas 41, 213.
— Sauerwerden der 56.
— säure 56, 86, 87, 88, 102, 138.
— säurebacillus 56, 86, 100.
— zucker 55.
Molekül 24.
Morphium 292, 299.
Mörtel 214.
Most 96, 97, 102, 107, 111.
Muffel 225.
Mungo 135.
Münzen 246, 286.
Mutterlauge 50, 75.
Mycoderma aceti 118.
Myricylalkohol 20.
Nahrungsaufnahme 51.
— mittel 11, 51, 54, 78.
— Menge der nötigen 91.
Narkotika 302.
Natrium 284.
Natroncellulose 171.
Natronlauge 168, 170.
Natronsalpeter 49, 183, 226.
Naturphilosophie 104.
Naphtalin 154.
Negativ, photographisches 228.
Neusilber 289.
Nickel 289.
— münzen 287.
— stahl 290.
Nitragin 48.
Nitrocellulose 122.
— glycerin 129.
— gruppe 122.
— säure 128.
Obst 85.
— weine 97.
Oel 18.
Oele, trocknende 161.
Oelfarbe 161.
— gerberei 143.
— kuchen 58.
— malerei 161.
— sardinen 64.
— säure 19, 161.
Oleomargarin 63.
Olivenöl 20, 63, 161, 198.
Opium 292.
Orseille 158.
Oxyd 8, 252.
Oxydation 8.
Oxygenium 8.
Ozon 9, 27.
Palmitinsäure 19, 20.
Palmkuchen 201.
Palmöl 201.
Papier 165.
Paraffin 19.
— kerzen 27.
Patente 177, 181, 265.
Patina 288.
Pelzwerk 142, 144.
Pepsin 51.
Pepton 59.
Pergament 144, 165.
Petroläther 26.
Petroleum 21, 26.
Pfeffer 78.
— kuchen 71.
Pflanzenasche 36.
— eiweiss 46.
— kost, Ausnutzung der 90.
Pflaster 203.
Phenacetin 299.
Phlegma 105.
Phosphor 6, 13, 41, 273.

Digitized by Google

Phosphor, roter 14.
Phosphorit 41.
— säure 36, 40, 85, 276.
Photographie 225.
Physik, Verhältnis z. Chemie 1.
Pigmentdruck 236.
Pikrinsäure 130.
Platten, farbenempfindliche 235.
Platin 244.
Platinotypie 234.
Porter 103.
Porzellan 220.
— teller 223.
— vergolden 225.
Pottasche 44, 88, 180, 196, 205.
Presshefe 87, 107.
Presskuchen 58, 201.
Prismatisches Pulver 126.
Procent 8.
Propan 23.
Proteïnstoffe 58.
Puddelprozess 265.
Pulver, rauchloses 122.
— dampf 127.
Pyridin 297.
— basen 114.
Pyrit 184.
Pyrogallussäure 231.
Quarz 207, 221.
Quebrachoholz 139.
Quecksilber 211, 244.
Raffination des Spiritus 112.
— des Zuckers 72.
Rahm 63.
Ranzigwerden der Fette 161.
Raseneisenstein 30.
Rauchverbrennung 185.
Reduktion der Oxyde 252.
Regeneration des Braunsteins 187.
Regenerativgasfeuerung 209.
Regenerator 279.
Reis 91, 115.
Retouche 235.
Rindfleisch 82.
Ringofen 214.
Roggen 106, 109.
— mehl 67.
Roheisen 260.
Rohrzucker 72.
Röntgenstrahlen 238.
Rösten der Erze 252.
Rosten des Eisens 2, 7.
Rotholz 157.
Rotwein 41.
Rübenzucker 73.
Rubinglas 213.
Rüböl 20.
Rum 115.
Saccharin 77.
Saccharomyces cerevisiae 96.
Sago 67.
Salbe 203.
Salicylsäure 305.
Salmiakgeist 30.
Salpeter 49, 122.
— säure 122, 183, 225.
— saures Silber 225.
Salz 48, 78, 80, 185, 218, 226.
— säure 185, 194.
— säure im Mageninhalt 51.
— steine 80.
Samen, Keimen der 101.
Sämischgerberei 143.
Sauerstoff 7, 146, 243.
— Aufnahme des Blutes 9.
Sauerteig 87, 138.
Säuren 7, 48.
Saurer schwefligsaurer Kalk 172.
Schachtofen 258.
Schälwaldungen 139.
Scharlach 151.
Schaumwein 99.
Scheidewasser 183.
Schellack 162.
Schienen 267.
— wege 269.
Schiessbaumwolle 127.
— nasse 129.
Schiesspulver 122.
— prismatisches 126.
Schiffszwiebacke 86.
Schlacken 259.
Schlämmen 221.
Schlempe 109, 111, 113, 196.
Schlempekohle 196.
Schmiedeeisen 253.
Schmieröle 27.

Digitized by Google

Schmierseife 199.
Schnaps 111.
Schnellessigfabrikation 119.
Schwarzbrot 87, 93.
Schwedische Zündhölzer 14.
Schwefel 30, 123, 185, 243.
— calcium 138.
— gehalt des Leuchtgases 31.
— hölzer 14.
— kohlenstoff 31.
— natrium 138.
— säure 32, 135, 186, 252.
— saures Ammoniak 49.
— Kali 45.
— Natron 183.
— wasserstoff 190.
— Wiedergewinnung des 190.
Schweflige Säure 31, 32, 147, 173, 182, 185, 208, 252.
Schwefligsaurer Kalk 174.
Schwellbeize 138.
Schweineschmalz 19, 64.
Schweisseisen 254.
Schweissstahl 254.
Seide 134.
Seife 178, 197.
— gefüllte 199.
— geschliffene 201.
Sekt 98.
Selterwasser 99.
Senf 78.
Serum 57.
Shoddy 135.
Silber 211, 225, 245.
Silbermünzen 287.
— produktion 246.
— wert 248.
Silikate 206.
Silicium 272.
Sintern 214.
Smalte 161.
Soda 180.
— calcinierte 187.
Sohlleder 140.
Sonnenblumensamen 58.
Soxlets Apparat 56, 79.
Speck 92.
Spektrum 235.
Spektrum, photographisches 235.
Spiegel 210.
— eisen 273.
Spiritus 86, 104, 112, 196, 301.
— denaturierter 113.
— lack 162.
— vini 105.
Sprenggelatine 131.
Sprengmittel 122.
Stahl 253, 269.
— schienen 273.
Stärke 66, 110.
Stärkezucker 71.
Statistische Angaben über:
— Chlorkalk 146.
— Eisen 255.
— Gartendüngung 50.
— Gas aus Steinkohlen 30.
— Gold 246.
— Kartoffelertrag 109.
— Kunstwolle 136.
— Nahrungsmittelwert 91, 92.
— Roggenertrag 109.
— Schiesspulver 126.
— Schwefelsäure 184.
— Schweflige Säure 185.
— Silber 246.
— Soda 181, 195.
— Teerfarbstoffe 158.
— Zucker 74.
Stearinsäure 19.
Stearinkerzen 19, 63.
Steingut 218.
Steinkohlen 12, 16, 30, 185, 263.
Steinzeug 217.
Stickstoff 7, 36, 46. 279.
— sammler 47.
Stiefelwichse 41.
Strass 212.
Stroh für Papierfabrikation 170.
Streichhölzer 12.
Sublimat 304.
Substantive Farbstoffe 153.
Sulfitcellulose 172.
Sumach 140.
Sumpfgas 23.
Superphosphat 43.
Suppe, Nährwert der 84.
— Asche der 85.

Digitized by Google

Suppenfleisch 83.
Synthese 156, 293.
Syrup 73.
Talbotypie 227.
Talg 16, 18, 63, 198.
Talgkerze 18.
Talmigold 289.
Tannin 152.
Teer 30, 114, 152, 296, 306.
— farbstoffe 152, 294.
Tempern 277.
Terpentinöl 104, 163.
Tetrazokörper 153, 158.
Thee 78, 139.
Thomasphosphatmehl 42, 44, 276.
Thon 213, 216.
Thonerde 142, 150, 285.
Thoriumoxyd 34.
Torf 12.
Torpedo 129, 290.
Thran 61, 143, 199.
Tierkohle 41, 75, 149.
Tombak 289.
Töpferwaren 217.
Traubenzucker 65, 71, 96.
Trockenplatten, photogr. 232.
Trunksucht 114.
Trypsin 53.
Türkischrot 152.
Ultraviolett 235.
Unterlauge 200.
Unterschwefligsaures Natron 146, 230.
Unze 248.
Uranoxyd 224.
Vaselin 27.
Vegetarische Lebensweise 90.
Verbandwatte 304.
Verbrennung 7.
Verdampfen unter Minderdruck 75.
Verdauung 51, 53, 59, 85.
Verfilzung 166.
Viehfutter 58, 68, 201.
Volt 23.
Wachskerzen 20.
Waid 154.
Walken 134.
Walzen des Eisens 267.
Waschleder 144.
Wasser, Elektrolyse des 284.
— glas 199, 205.
— mörtel 215.
— stoff 22.
— stoffsuperoxyd 148.
— weiches und hartes 203.
— zeichen 169.
Wein 97.
— Blume des 97.
— essig 118.
— geist 105.
Weizenbrot 85, 107.
— kleie 68, 138.
— mehl 67.
— stärke 67.
Weissbier 101. 103.
— blech 79.
— gerbung 142.
— kohl 91.
— tannen 176.
Wertrelation zwischen Gold u. Silber 245.
Wolle 133, 147.
Wollschweissasche 197.
Würze 102.
Zeugdruckerei 159.
Ziegel 214.
— Brennen der 214.
Zimmerpflanzen 31, 50.
Zink 281, 289.
— blende 252.
Zinn 151, 289.
— composition 151.
— folie 210.
— oxyd 220.
Zucker 54, 65, 69, 73, 95.
— couleur 71, 120.
— kranke, Ernährung der 68, 69, 77, 91, 97, 103, 116.
— krankheit 69.
Zündhölzer 18.
Zündhütchen 127.

Digitized by Google

Repetitorium der Chemie von Prof. Dr. **Carl Arnold** (Hannover). **Achte**, verbesserte und ergänzte Auflage. 1897. Gebunden M. 6.—.

Die Hauptthatsachen der Chemie. Für das Bedürfniss des Mediziners sowie als Leitfaden für den Unterricht zusammengestellt von **Erich Harnack**, o. ö. Professor der Pharmakologie und medizin. Chemie an der Universität Halle. **Zweite**, neu bearbeitete Auflage. 1897. Gebunden M. 2.50.

Vollständiger Abriss der anorganischen Chemie. Von Dr. **Vincenz Wachter**, kgl. Reallehrer in Nördlingen. 1897. M. 2.—.

Spezielle Methoden der Analyse. Anleitung zur Anwendung physikalischer Methoden in der Chemie. Von **G. Krüss**. **Zweite**, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 35 Abbildungen im Text. 1893. M. 3.50.

Praxis der Harnanalyse. Anleitung zur chemischen Untersuchung des Harns nebst einem Anhang: Analyse des Mageninhalts von Professor **Lassar-Cohn**. **Zweite Auflage**. 1898. M. 1.—.

Physikalisch-chemische Methoden von Dr. **J. Traube**, Privatdocent an der technischen Hochschule zu Berlin. Mit 97 Abbildungen im Text. 1893. M. 5.—.

Elemente der forensisch-chemischen Analyse. Von Dr. **Joseph Klein**. Mit 9 Holzschnitten. Gebunden M. 2.—.

Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse in ihrer Anwendung in der Chemie. Von Prof. Dr. **G. Krüss** (München) und Dr. **Hugo Krüss** (Hamburg). Mit 34 Abbildungen im Text und 6 Tafeln. 1891. M. 8.—.

Die Praxis des Chemikers bei Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, Gebrauchsgegenständen und Handelsprodukten, bei hygienischen und bakteriologischen Untersuchungen, sowie in der gerichtlichen und Harn-Analyse. Von Dr. **Fritz Elsner**. **Sechste**, durchaus umgearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage. Mit 169 Abbildungen und zahlreichen Tabellen. M. 12.50, gebunden M. 14.50.

Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legierungen. Vergleichende Studien von **H. Behrens**, Prof. an der polytechnischen Schule in Delft. Mit 3 Figuren im Text und 123 Figuren auf 16 Tafeln. 1894. Gebunden M. 14.—.

Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Von Professor Dr. **H. Behrens** (Delft). Mit einem Vorwort von Prof. **S. Hoogewerff**. Mit 92 Figuren im Text. 1895. M. 6.—, gebunden M. 7.—.

Digitized by Google

Anleitung zur mikrochemischen Analyse der wichtigsten organischen Verbindungen. Von Professor Dr. **H. Behrens** (Delft). I. Heft. (Anthracengruppe, Phenole, Chinone, Ketone, Aldehyde.) Mit 49 Figuren im Text. 1895. M. 2.—. II. Heft. (Die wichtigsten Faserstoffe.) Mit 18 Figuren im Text und 3 Tafeln in Farbendruck. 1896. M. 5.—. III. Heft. (Aromatische Amine.) Mit 77 Figuren im Text. 1896. M. 4.50. IV. Heft. (Karbamide und Karbonsäuren) Mit 94 Figuren im Text. 1897. M. 4.50.

Arbeitsmethoden für organisch-chemische Laboratorien von Prof. Dr. **Lassar-Cohn** (Königsberg). **Zweite**, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 42 Figuren im Text. 1898. M. 7.50.

Moderne Chemie. Zwölf Vorträge, vor Ärzten gehalten. Von Dr. **Lassar-Cohn**, Privatdocent a. d. Universität Königsberg. 1891. M. 3.50.

Handbuch der organischen Chemie. Von Prof. Dr. **F. Beilstein** (St. Petersburg). **Dritte** Auflage. Band I. (Einleitung — Die Fettreihe.) 1893. M. 45.—, geb. M. 49.—. Band II. (Aromatische Reihe I.) 1896. M. 63.—, geb. M. 68.—. Band III. (Aromatische Reihe). 1897. M. 28.80, geb. M. 32.80. — Fortsetzung in Lieferungen zum Preise von je M. 1.80. Ausführlicher Prospekt steht zu Diensten.

Leitfaden für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie. Methodisch bearbeitet von Prof. Dr. **Rudolf Arendt. Sechste**, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 115 Holzschnitten und einer Buntdrucktafel. 1897. M. 1.—.

Grundzüge der Chemie und Mineralogie. Methodisch bearbeitet von Prof. Dr. **Rudolf Arendt.** Mit 271 in den Text eingeschalteten Abbildungen und einer Buntdrucktafel. **Sechste**, vermehrte und verbesserte Auflage. 1897. M. 3.—.

Bildungselemente und erziehlicher Werth des Unterrichts in der Chemie an niederen und höheren Lehranstalten. Von Prof. Dr. **Rudolf Arendt. Zweiter**, unveränderter Abdruck. 1895. M. 2.—.

Technik der Experimentalchemie. Anleitung zur Ausführung chemischer Experimente für Lehrer und Studierende sowie zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. **Rudolf Arendt. Zweite**, umgearbeitete Auflage. Ein Band mit 780 Abbildungen und einer Figurentafel. 1892. M. 20.—, gebunden M. 22.50.

Zeitschrift für anorganische Chemie. Begründet von **Gerhard Krüss**, herausgegeben von **Richard Lorenz** (Zürich). Erscheint in Bänden zu je 6 Heften. Preis eines Bandes M. 12.—. Postzeitungs-Preisliste 1898 No. 8132.

Digitized by Google

Verlag von **Leopold Voss** in **Hamburg,** Hohe Bleichen 34.

Die Chemie im täglichen Leben.

Aus Besprechungen der früheren Auflagen.

Prof. Otto N. Witt von der Technischen Hochschule Charlottenburg gebraucht bei Besprechung der ersten Auflage in seiner Zeitschrift „Prometheus" u. a. folgende Sätze: „Niemand wird dieses Werk, welches sich aus zwölf Vorträgen zusammensetzt, lesen können, ohne eine Fülle von Belehrung daraus zu schöpfen, die er vergeblich in irgend welchen anderen uns bekannten populären Büchern suchen würde. Mit ausserordentlichem Geschick hat der Verfasser es verstanden, die verschiedensten chemischen Dinge in den Kreis seiner Betrachtungen zu ziehen."

Gaea: „Es ist **gemeinverständlich** in richtigem Sinne dieses Wortes, d. h. es bringt Thatsachen und **erläutert** dieselben, **so dass auch der Laie sie verstehen kann,** kurz, es schafft **Belehrung, Nutzen und Vergnügen.** Möge es weiterhin nützlich wirken und immer grössere Verbreitung finden!"

New Yorker Staatszeitung: „Mit grossem Geschick hat der Verfasser es verstanden, aus dem fast unabsehbaren Gebiete der chemischen Technologie alles für den gebildeten Laien Wissenswerte herauszugreifen. Dabei versteht er es, in interessanter Weise auf der Höhe der Zeit stehende Betrachtungen über sozialpolitische Fragen einzuflechten."

Über Land und Meer: „Auch die Hausfrauen können daraus lernen."

Bohemia: „Das schöne und nützliche Buch verdient die weiteste Verbreitung."

Naturärztl. Hausfreund: „Ein Schatzkästlein für Haus und Familie."

Strassburger Post: „Wir haben unserer Besprechung der 1. Auflage, in der wir auf den grossen praktischen Wert des Buchs und die geistreiche, unterhaltende Art des Verfassers hinwiesen, nichts mehr hinzuzufügen, als **die wiederholte Aufforderung an alle Gebildeten, sich dieses Vademecum nicht entgehen zu lassen.**"

Hamburger Echo: „Das Buch kann jedem als **Quelle reichhaltiger Belehrung** empfohlen werden."

Rheinischer Kurier: „Nirgends wird die Darstellung langatmig belehrend, überall finden wir dieselbe **anziehende, volkstümliche** und doch wissenschaftliche Sprache. Mit seltenem Geschick greift der Verfasser immer ins tägliche Leben und schöpft aus dem reichen Schatz der Erfahrungen. Wissbegierige, Handwerker, Landwirte, und nicht zum mindesten Hausfrauen, kurz alle, werden aus dem Buche vieles Interessante und Nützliche lernen."

Die Mädchenschule: „Die für den Laienkreis berechneten Vorträge sind in der erforderlichen populären Weise **vorzüglich geschickt verfasst.** Der **Stil ist spannend** und nichts weniger als langweilig, **der Inhalt ausserordentlich vielseitig.**

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

DUE JAN 18 1910

DUE JAN 17 '41

DUE APR 22 1911

MAY 18 1921

OCT 18 1921

FEB 18 1922

DUE FEB 24 1922

DUE JUL 21 1922

DUE MAY 4 1923

Digitized by Google

Chem 3116.3.5
Die chemie im taglichen leben;
Widener Library
003040495
3 2044 080 591 597

Digitized by Google